

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

**KATEDRA FYZICKÉ GEOGRAFIE A GEOEKOLOGIE**

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Fyzická geografie a geoekologie



Bc. Matouš Jaček

**PŘÍČINY ZMĚN VÝVOJE VYBRANÝCH FLUVIÁLNÍCH JEZER  
LUŽNICE V PROFILU ZÁKLADNA**

Causation of development change of selected fluvial lakes of Lužnice River in profile

Základna

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Miroslav Šobr, Ph.D.

Praha 2018

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne .....

Podpis: .....

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval svému školiteli RNDr. Miroslavu Šobrovi, Ph.D. za cenné a odborné rady a připomínky při zpracování dat, za konzultace a za pomoc při měření v terénu. Dále pak Doc. RNDr. Zbyňku Engelovi, Ph.D. za pomoc při zpracování vzorků, Bc. Tomáši Korejsovi a Mgr. Luboši Mrkvovi za pomoc s terénními pracemi. Poděkování patří také mé rodině, přítelkyni a mým přátelům za celkovou podporu a pomoc při psaní této práce.

## **Zadání diplomové práce**

### **Název práce**

Příčiny změn vývoje vybraných fluviálních jezer Lužnice v profilu Základna

### **Cíle práce**

Posoudit odlišnosti ve vývoji fluviálních jezer, hledat příčiny, analyzovat proudění v nivě při rozlivu. Porovnat hydrologický režim fluviálních jezer a analyzovat kolísání hladiny v profilu: řeka – niva – fluviální jezera. Určit stupeň kolmatace jezer.

### **Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje**

Zájmové území práce je oblast Základna v povodí horní Lužnice. Rešeršní část bude zaměřena na literaturu na téma fluviálních jezer, říčních rozlivů a charakteristiku zájmového území. V druhé části práce budou popsány použité metody. Bude provedeno batymetrické zaměření jezer a porovnání jejich změn s předchozími pracemi na daném území. Dále bude proveden odběr sedimentů z jezer za účelem zjištění kolmatace. Bude také sledováno kolísání hladin vybraných jezer a řeky na základě dat z automatických hladinoměrů. Dalším cílem je zaměření proudění v nivě při rozlivu.

Datum zadání: 14. 12. 2015

Vedoucí práce: RNDr. Miroslav Šobr, Ph.D.

Student: Bc. Matouš Jaček

## **Abstrakt**

Předmětem této práce je zhodnocení vývoje vybraných jezer v oblasti Základna v povodí horní Lužnice. Zájmová oblast se nachází v přírodní rezervaci Horní Lužnice, jejíž území se rozkládá od státní hranice s Rakouskem po Suchdol nad Lužnicí. Charakter řeky je v tomto úseku velmi zachovalý, téměř nenarušený člověkem. I přes to, že se jedná o střední část toku, je zde vytvořena údolní niva s meandrovým pásem, typická pro dolní úseky řek. Oblast je díky svým podmínkám velmi vhodná pro pozorování přirozených rozlivů a výzkum fluviálních jezer, kterých se zde vyskytuje velké množství. V první části práce je zpracována charakteristika zájmového území, problematika fluviálních jezer, přirozených rozlivů a povodní ve sledované oblasti. Stěžejní druhá část je věnována samostatnému výzkumu vybraných jezer a jejich vývoji. Během několika terénních měření byla jezera geodeticky zmapována a byly odebrány vzorky sedimentu z jejich dna. Bylo také provedeno měření průtoků v nivě při rozlivu řeky. Zároveň byla vyhodnocena data z automatických hladinoměrů, ze kterých bylo možno určit vzájemné souvislosti v kolísání hladin jezer a řeky. Výsledky měření byly také porovnány s předchozími pracemi na tomto území. Hlavním zjištěním je postupné zanášení jezer v období mírnějších rozlivů a naopak zvětšování a prohlubování jezer při intenzivnějších povodňových stavech. K tomuto přispívá také zjištění, že výskyt rozlivů je ve sledovaném období 2009-2017 méně častý a jejich intenzita a doba trvání se snižuje.

## **Abstract**

The aim of this thesis is to evaluate development of selected lakes in area Základna in upper Lužnice basin. The area of interest is located in nature reservation Horní Lužnice, which extends from state border with Austria to Suchdol nad Lužnicí. This part of the river is very preserved almost without any anthropogenic influence. Eventhough it is the middle part of the river, it has developed floodplain with meandering belt, which is typical for lower parts of rivers. Because of its conditions, this area is very convenient for observing natural spills and studying fluvial lakes, which occure here in huge amount. First part of this work describes characteristic of the study area, fluvial lakes and natural spills and floods in the area. The main second part focuses on research of selected lakes and their development. During several field researches the lakes were mapped and measured and soil samples were taken from the lake beds. Furthermore flow in floodplain during river spill was measured and data from automatic surface level sensors were evaluated, which show mutual connections of fluctuations of the lakes and the river. In conclusion the results of measurement were compared with previous theses regarding this area. Main results are that common spills cause clogging of lakes but intense floods can cause growing and deepening of influenced lakes. In addition the spills in years 2009-2017 are less frequent and their intensity and duration is decreasing.

# Obsah

1	Úvod.....	9
1.1	Cíle a struktura práce .....	10
2	Základní charakteristika řeky Lužnice a jejího povodí .....	11
2.1	Horní Lužnice .....	13
3	Fyzicko-geografická charakteristika povodí .....	15
3.1	Geologická stavba.....	15
3.2	Geomorfologie území .....	16
3.3	Klimatické poměry .....	16
3.4	Hydrologická charakteristika.....	18
3.5	Povodně v povodí Horní Lužnice .....	19
3.5.1	Přírozené rozlivy v nivě Lužnice.....	20
3.5.2	Průběh vybraných povodní.....	22
3.6	Pedologické poměry .....	24
3.7	Biogeografie území.....	25
3.7.1	Ochrana území.....	26
4	Fluviální jezera .....	28
4.1	Vznik a vývoj fluviálních jezer.....	29
4.2	Typologie tůní a říčních ramen.....	30
5	Studovaná oblast.....	33
5.1	Charakteristika vybraných jezer .....	34
6	Metodika.....	38
6.1	Batymetrické mapování .....	38
6.2	Měření proudění při rozlivu.....	39
6.3	Odběr sedimentů a zpracování vzorků .....	40
6.4	Zpracování dat z čidel automatických hladinoměů .....	42
7	Výsledky.....	43

7.1	Batymetrické mapování .....	43
7.2	Batymetrické křivky .....	46
7.3	Proudění v nivě Lužnice .....	48
7.4	Sedimenty z jezer.....	51
7.5	Kolísání hladin vybraných jezer a řeky Lužnice .....	54
7.6	Hladina podzemní vody .....	60
7.7	Přirozené rozlivy za sledované období .....	63
8	Diskuze.....	66
9	Závěr.....	69
	Použitá literatura a zdroje.....	70
	Seznam obrázků .....	74
	Seznam tabulek.....	74
	Seznam grafů .....	75



# 1 Úvod

Problematikou jezer se zabývalo již mnoho prací z různých vědních oborů a dodnes se jimi zabývají odborníci nejen u nás, ale i ve světě. Jedním z typů jezer jsou jezera fluviální. Jedná se o jezera, jejichž vznik je vázán na vodní toky, nejčastěji se jedná o odškrbené meandry nebo tůň vyhloubené rozvodněným tokem. Tato jezera se nejčastěji nachází v nivách na dolním toku řek. V České republice se jedná o druhý nejčastější typ vodních ploch, který vznikl přírodními procesy. Jejich množství se odhaduje na desítky tisíc. Zájem o jejich studium je zde proto značný. Výzkumem fluviálních jezer se na pracovištích Univerzity Karlovy zabývali geografové již před sto lety. Mezi významné české badatele se řadí například profesor V. Švamberský, který patřil k prvním geografům zabývajícím se fluviálními jezery, a to právě na začátku 20. století. Během let geografů přibývalo a zájem o fluviální jezera rostl. Zajímali se o ně mimo jiné třeba J. Schaffer, K. A. Sedlmeyer, K. Kuchař, J. Kůnský nebo B. Janský (Janský a kol. 2003). Od 80. let 20. století probíhal komplexní výzkum na řece Lužnici, kterého se zúčastnily různá odborná pracoviště, jako například Akademie věd ČR, vysoké zemědělské školy a některá jihočeská vědecká pracoviště. Povodí Lužnice bylo také zařazeno do projektů Ministerstva zemědělství a Ministerstva životního prostředí ČR. První se zabýval dlouhodobými změnami poříčních ekosystémů v nivách, další pak retencí vody v nivách a možnostmi jejího zvýšení. Ten byl řešen na Přírodovědecké fakultě Karlovy univerzity.

Fluviální jezera mají v přírodě velkou ekologickou hodnotu, protože se často jedná o významná centra druhové biodiverzity s přirozenými ekosystémy a společenstvy a mnohdy bývají domovem ohrožených a vzácných druhů fauny a flóry. Kromě jejich ekologického významu jsou důležitým ukazatelem vývoje říční nivy i samotné řeky a zároveň mohou dokládat změny hydrologického režimu řeky, využití krajiny či změny kvality vody. Nejčastěji zmiňovaným významem fluviálních jezer pro společnost je přirozená povodňová ochrana. Ta vyplývá z jejich retenční schopnosti společně s říční nivou, jejichž společný vliv na povodňovou událost je nezanedbatelný. Vznikem jezer v nivě se také mění rozložení materiálu v nivě a rozrůznění povrchu, což má rovněž vliv na průběh povodní. V posledních letech je patrná snaha zadržovat více vody v krajině a také jí navracet její původní charakter. Zásahy antropogenního původu do nivy nebo fluviálních jezer mohou mít velmi značné dopady nejen na průběh povodní v daném místě, ale mohou způsobit také změny odtokového režimu daného toku, což se projeví na celé délce toku.

Zájmové území se nachází v povodí horní Lužnice, na české straně hranice s Rakouskem. Hlavním významem tohoto území je jeho zachovalost, která nemá mezi českými řekami téměř obdoby. Toto území nebylo v průběhu let téměř nijak pozměňováno na většině své plochy. Zachovalost dokládá také přírodní rezervace Horní Lužnice, která se zde nachází. Území je unikátní svým rozsahem fluviálního prostředí a stupněm zachovalosti přírody. Koncentrace fluviálních jezer v tomto území patří k největším u nás, vykytuje se zde na 200 tůní, periodických či stálých a mrtvých ramen. Oblast od státních hranic po Suchdol nad Lužnicí je specifická meandrující řekou v nivě tak, jak je běžné u většiny větších vodních toků až na dolním toku. Zachovalé území Lužnice je zde schopné vykonávat přirozené funkce říčního systému, což zahrnuje vývoj toku nebo jeho přirozené rozlivy do okolní nivy. Díky těmto podmínkám se tak jedná o častý cíl zájmu českých hydrologů, kteří zde mohou pozorovat jak přirozené rozlivy, tak jejich vliv na krajinu a celkové změny pořičního území.

## **1.1 Cíle a struktura práce**

Hlavním tématem práce jsou příčiny změn fluviálních jezer v oblasti Základny v povodí horní Lužnice. Tyto změny budou určeny na základě zpracování dat z terénních měření, porovnání hydrologických režimů vybraných jezer na základě dat z automatických hladinoměrů a porovnání sedimentů z jezer. Data z hladinoměrů pak budou rovněž použita k určení četnosti a intenzity rozlivů do nivy v daném období. Jedním z cílů je také zaměření intenzity a směru proudění v prostoru nivy při rozlivu řeky a určení jeho vlivu na daná jezera. Dále bude provedeno opakované batymetrické měření jezer, jejichž morfometrické charakteristiky budou poté porovnány s předchozími pracemi v tomto území. Jedná se o práce Mgr. Petry Hastíkové (2009, 2012) a autorovu bakalářskou práci.

Práce je rozčleněna na pět dílčích částí. V úvodní části je popsána problematika, kterou se práce zabývá. Druhá část obsahuje obecnou fyzicko-geografickou charakteristiku povodí Lužnice, nastiňuje problematiku fluviálních jezer a podrobný popis sledované oblasti. Třetí část popisuje metodiku použitou při zpracování dat. Čtvrtá část je věnována výsledkům a vyhodnocení měření. Pátá část je závěrečná a zahrnuje diskuzi zjištěných výsledků.

## 2 Základní charakteristika řeky Lužnice a jejího povodí

Povodí řeky Lužnice se rozkládá v Jihočeském kraji a zasahuje i do nejsevernější části Dolního Rakouska do oblasti zvané Waldviertel. Lužnice pramení v Novohradských horách, na rakouské straně, na západním svahu vrcholu Aichelberg, a to jako Leinsitz v nadmořské výšce 990 m. Jedná se o největší pravostranný přítok Vltavy v Jihočeském kraji. Absolutní řádovost toku Lužnice je určena jako III. řád (Chábera 1985). Během krátkého úseku na rakouské straně se řeka dostává do Česka, kde se nalézá nejvyšší bod povodí – Myslivna s nadmořskou výškou 1040 m. Na české straně zde řeka absolvuje pouze krátký úsek a opět se vrací do Rakouska. Tady řeka protéká 33 km a poté u Českých Velenic tvoří 2,5 km dlouhý úsek státní hranice. V těchto místech se řeka naposledy dostává na rakouskou stranu a na říčním kilometru 149,38 se vlévá na stálo do Čech a to u obce Krabonoš. Na našem území směřuje Lužnice na sever, skrz rovinatou Třeboňskou pánev a tvoří tak její přirozenou osu. Za Třeboňskou pávní přitéká řeka do oblasti krystalinika Tábořské pahorkatiny u obce Planá nad Lužnicí. Nejvýraznějším projevem jsou zde hluboká až kaňonovitá údolí, zejména v úseku od Tábora do Bechyně (Chábera 1998). Do Vltavy se Lužnice vlévá po 208 km v nadmořské výšce 348 m, u obce Neznašov (Bílek 1999). Vzdálenost mezi pramenem a ústím je vzdušnou čarou 71 km. Celé povodí pak od nejjižnějšího bodu k nejsevernějšímu měří 107 km. Rozdíl nadmořských výšek mezi ústím a pramenem toku je 642 m. Průměrný sklon povodí je tak asi 3 ‰. Povodí je ze severu omezeno vrcholky Středočeské pahorkatiny, které ho dělí od povodí Sázavy, na západě sousedí s povodím Vltavy a Malše. Jižní hranici povodí tvoří pramenná oblast Lužnice, Novohradské hory, které jsou zároveň jedinou hornatinou v povodí. Východ povodí je pak omezen Českomoravskou vysočinou. Třeboňská pánev tvoří tedy centrální část povodí (Chábera 1998).

Největší část povodí leží na České straně, asi 3500 km<sup>2</sup> z celkové plochy 4226 km<sup>2</sup>, zbytek se rozkládá na území Rakouska. Svoji rozlohou zaujímá povodí asi 15 % plochy povodí Vltavy. Povodí leží na hranici evropského rozvodí, mezi úmořím Černého a Severního moře. Tok Lužnice je poměrně křivolaký, poměr mezi přímou a skutečnou vzdáleností od pramene k ústí je 2,92, což ukazuje na časté meandrování toku. Jedná se o povodí mírně protáhlé, což vyplývá z hodnoty teoretické střední šířky (poměr plochy povodí a délky toku), který je 21,22 km. Koeficient protažení vodního toku (poměr střední šířky povodí k délce vodního toku), je 0,102 a tím se řadí Lužnice k nejnižší hranici protáhlého povodí. Hustota říční sítě v povodí Lužnice je poměrně nízká, pouze 0,49 km na km<sup>2</sup> toku (Svoboda 2011). Průměrný roční průtok při ústí do Vltavy je 24,3 m<sup>3</sup>/s (Chábera 1986). Nejvyšší zaznamenaný průtok byl na profilu v Bechyni a to 666 m<sup>3</sup>/s při povodni 16. 8. 2002 (ČHMÚ). Nejnižší průtok na stejném profilu 15. 8. 2015 byl pouze 0,851 m<sup>3</sup>/s

Obr. č. 1: Povodí Lužnice



Zdroj: Hastíková (2009)

(Korejs 2016). Odtokový součinitel je 0,27 a specifický odtok z povodí je  $5,75 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^2$ . Vodní režim Lužnice je podobný našim dalším řekám. Nejvyšších vodních stavů dosahuje řeka v jarním období, při tání sněhu v pramenné oblasti. Druhé maximum, ne tak značné jako jarní, je v letním období, při působení bouřkové činnosti. Nejnižší vodní stavy jsou na Lužnici na konci léta a na podzim. Na středním toku je pak podzimní minimum vyrovnáváno vypouštěním rybníků. Celoročně k lepší vodnosti toku přispívají vývěry podzemních vod ze sedimentů Třeboňské pánve. Zalesnění povodí je asi 30 % (Chábera 1998).

Podélný profil Lužnice je velice netypický, protože nemá nejširší nivu na dolním toku a nedosahuje zde nejmenších spádů, jako u většiny řek, ale na toku středním. Tento jev je způsoben paleogeografickým vývojem povodí. Povodí Lužnice má asymetrický tvar, levostranná část povodí má téměř poloviční plochu než část pravostranná a tomu odpovídá i šířka jednotlivých stran. Ta se na pravé straně nejčastěji pohybuje mezi 20 a 46 km, na levé pouze mezi 12 a 20 km. Také poměr přítoků z levé a pravé strany dobře ukazuje asymetrii, kdy z pravé strany přitéká více a větších toků než ze strany levé. Pravostranné přítoky také přivádějí vodu z výše položených a vlhčích oblastí než levostranné (Šimek 2008). Mezi nejvýznamnější pravostranné přítoky patří Nežárka, Dračice, Skřemelice či Koštěnický potok, další přítoky jsou pak například Jordánský potok, Nadýmač, Bílinský potok nebo Smutná, která patří k nejdelším přítokům Lužnice. Významnější levostranné přítoky jsou Černá stoka, Tušť nebo Bechyňský potok. U profilu Pilař začíná umělý kanál Zlatá stoka, který napájí velké rybníky v okolí Třeboně. Umělý kanál Nová řeka má pak za úkol odvádět přebytečnou povodňovou vodu z Lužnice do Nežárky, aby nedošlo k protržení třeboňských rybníků (Hastíková 2009).

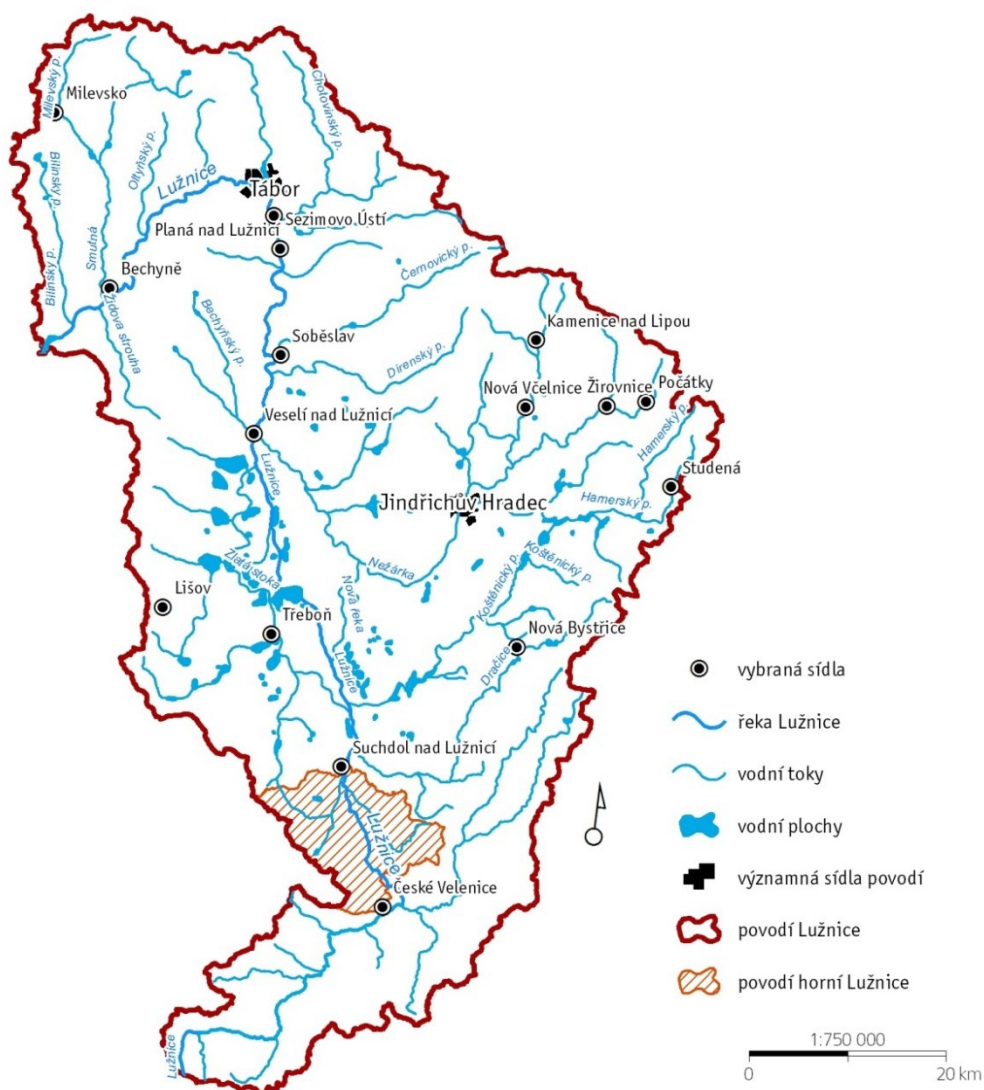
## 2.1 Horní Lužnice

Oblast Horní Lužnice se nachází na české straně, u hranice s Rakouskem, kde začíná. Konec oblasti je vymezen Suchdolem nad Lužnicí. Délka tohoto úseku je přibližně 16 km. Na tomto území se nachází niva Lužnice, ve které řeka tvoří řadu meandrů. Niva je zde periodicky zaplavována, je zde také vytvořeno mnoho tůní a jezer z odškrcených ramen. Jezera jsou přirozenou součástí říční nivy a jsou úzce spojena s aktivní činností řeky a její nedotčeností člověkem, proto tento úsek patří k jedněm z posledních na českém území (Albrecht a kol. 2003). Podle hydrologického vymezení toku se však nejedná o horní tok,

protože řeka sem přitéká již po 50 kilometrech, které urazila na Rakouské straně. Tato část již tedy náleží spíše do střední části toku. Název Horní Lužnice pro toto území je však zažitý již dlouho. Na tomto území, o rozloze přibližně 414,1 ha, vznikla v roce 1994 přírodní rezervace se shodným názvem, která jeho dlouhodobé použití potvrzuje (AOPK ČR 2014).

Zájmové území této diplomové práce se nachází právě na území Horní Lužnice. Jedná se o oblast Základna, která se nachází na 141. kilometru toku, na levém břehu. Nachází se zde velké množství různých tůní a to na relativně malé ploše. Oblast Základny byla využívána pro výzkumnou činnost již od 70. let 20. století.

Obr. č. 2: Povodí Horní Lužnice



Zdroj: Hastíková (2012)

### 3 Fyzicko-geografická charakteristika povodí

#### 3.1 Geologická stavba

Geologický podklad povodí Lužnice je tvořen převážně přeměněnými horninami moldanubika, které jsou překryty až několikasetmetrovým souvrstvím svrchnokřídových a třetihorních sedimentů. Celá oblast se nachází v moldanubickém regionu, který je součástí Českého masívu, patřícího do pásma evropských hercinyd (Chábera 1985).

Oblast moldanubika je tvořena převážně přeměněnými horninami a granitoidními vyvřelými horninami. Typické přeměněné horniny jsou zde pararuly, migmatity či ortoruly. Horniny moldanubika prošly za svojí historie několikrát zvrásněním a metamorfováním, posledním takovýmto procesem prošly v období paleozoika při variském vrásnění. V tomto období byly také prostoupeny tělesy hlubinných vyvřelin (Albrecht a kol. 2003).

Třeboňská pánev se vyvinula z tektonických depresí, které se začaly formovat v začátcích alpského vrásnění (Chábera 1998). Horniny Třeboňské pánve jsou tvořeny převážně sedimenty svrchní křídy. Jejich mocnost je však dnes velice proměnlivá, mezi 100 až 300 metry, z důvodu kerného rozčlenění. Tyto sedimenty jsou tvořeny převážně souborem kaolinitických pískovců, prachových jílovců a tmavých jílů, či jílů a světlých jílovců. Sedimentární souvrství se zde řadí ke Klikovskému souvrství a jedná se o nejstarší část pánevní výplně, s největšími mocnostmi a pokrývající největší území (Albrecht a kol. 2003). Mydlovarské souvrství neogenního stáří se vyskytuje na jihozápadě Třeboňské pánve. Mocnost sedimentů zde dosahuje 80 metrů, v blízkosti Lužnice však pouze jako reliktů s mocností jednotek metrů. V oblasti horní Lužnice jsou nejvýznamněji zastoupené kvartérní fluvialní sedimenty. Ty zde tvoří štěrkopískové lavice pleistocénního stáří a povodňové hlíny z období holocénu. Mocnost sedimentů tohoto stáří je v pánvi nejmenší (Chábera 1985). Nejrozsáhlejší oblast s nejlépe vyvinutými fluvialními sedimenty se nachází v oblasti horní Lužnice, mezi Novou Vsí a profilem Pilař. Mocnost sedimentů je zde převážně mezi 5 až 7 metry. Pleistocénní terasy se zde vyskytují jen omezeně, a to převážně jako nejvyšší stupně, které jsou vyvýšeny až o 20 m nad současnou nivou. Fluvialní písky jsou zde zastoupeny v podobě risské sedimentace s mocností do 11 metrů. Würmské sedimenty zde dosahují mocností do 5 metrů v podobě štěrkopísky tvořené terasy, která je dále překrývána holocénními sedimenty v podobě jílovitých a hlinitých písků, které vyplňují široká údolí řek. Dosahují mocností až několik metrů (Chábera 1998).

V Třeboňské pánvi jsou rovněž vyvinuta tzv. blata, rašeliniště a slatiny, která zde mají poměrně hojné zastoupení. Jejich vývoj je datován od konce posledního glaciálu. Nejvíce se vyskytují na místech s málo propustným terénem (Albrecht a kol. 2003).

### **3.2 Geomorfologie území**

Povodí Lužnice se rozkládá na území dvou geomorfologických subprovincií. Jedná se o subprovincii Šumavskou a Českomoravskou, které jsou součástí provincie České vysočiny. Většina území se však nachází již v oblasti Českomoravské subprovincie, Šumavská subprovincie zasahuje pouze do pramenné oblasti Lužnice (Balatka, Kalvoda 2006).

Výrazným celkem Českomoravské subprovincie je Třeboňská pánev. Tato plochá sníženina zaujímá podstatnou část sledovaného území s rozlohou 1360 km<sup>2</sup>. Jedná se o sníženinu s podložím z moldanubických hornin a permských sedimentů s mírně zvlněným reliéfem, hlavně při okrajích a rozvodích. Je tektonického původu s akumulací výplní a s povrchem erozně denudačním. Na západě Třeboňské pánve se nachází podcelek Lomnická pánev. Ta zde tvoří širokou rovinu, kterou od jihovýchodu k severozápadu protéká Lužnice. Lomnická pánev je situována ve výšce kolem 450 m nad mořem. Je charakteristická plochým a mírně zvlněným reliéfem, vzniklým v křídových a terciérních sedimentech. Nachází se zde také podcelek Kardašovečnické pahorkatiny (Chábera 1998).

Na východě povodí je rozložena další geomorfologická jednotka Javořická vrchovina. Jedná se o plochou vrchovinu s erozně denudačním povrchem, tvořenou megaantiklinálou, ve které se vyskytují tvary ovlivněné vlastnostmi žul. Nachází se zde především granitoidy centrálního moldanubického plutonu, který má výrazný vliv na podobu reliéfu. Podcelkem Javořické vrchoviny je Novobystřická vrchovina. Ta je charakteristická výskyty žulových elevací na vrcholech. Časté jsou zde tvary skalního hříbu či viklanu. V této oblasti pak pramení některé významnější pravostranné přítoky Lužnice, konkrétně to je Dračice, Skřemelice či Koštěnický potok (Chábera 1986, 1998).

### **3.3 Klimatické poměry**

Hlavním určujícím faktorem klimatických podmínek pro povodí Lužnice je její poloha v mírném klimatickém pásu, vystavení západnímu proudění, geomorfologické členění a nadmořská výška, která velmi ovlivňuje místní klima (Albrecht a kol. 2003).



Povodí Lužnice je ovlivňováno přechodným suboceánským až kontinentálním charakterem klimatu. Místní podmínky jsou také ovlivněny vegetací, půdními poměry či mezoreliéfem. Oblačnost je zde značně proměnlivá. Charakter počasí je zde ovlivňován hlavně cyklonální činností. Tlakové níže sem přicházejí nejčastěji od oceánu ze západu či severozápadu. Občasně se zde vyskytují i cyklóny přicházející z jihu, které do povodí Lužnice přinášejí významné srážky (Havlová 1998).

Velký vliv na teplotu má v povodí Lužnice nadmořská výška, které zde sahá od 348 metrů u ústí, až do 1040 metrů v nejvyšším bodě povodí. V Třeboňské pánvi se průměrné roční teploty pohybují v rozmezí 7,5-8 °C, měsíční průměry v letním období kolem 15-16 °C a v zimním od -2 °C do -1 °C. V jižní části Třeboňské pánve, v Nové Vsi nad Lužnicí, dosahuje průměrná teplota 7,2 °C. Průměrná roční maximální teplota je přibližně 33 °C a minimální -20 °C. Průměrná roční teplota klesá k 6,5 °C v nadmořské výšce 600 m. Tyto oblasti tvoří značnou část celého povodí. Ve výšce 1000 m n. m. pak dosahují průměrné teploty pouze 4,5 °C (Atlas podnebí Česka 2007).

Nadmořská výška, spolu s charakterem a členitostí reliéfu či expozicí svahů, má vliv také na distribuci srážek v povodí. Průměrné roční srážky zde dosahují 690 mm, což přibližně odpovídá průměrným ročním srážkovým úhrnům celé České republiky. Značná část území povodí Lužnice však těchto hodnot nedosahuje. Přibližně 44 % plochy povodí má roční úhrn srážek nižší, mezi 500 a 650 mm. Vyšší srážky, kolem 650-750 mm za rok, spadnou na 48 % území. Na zbylých 8 % území pak srážky dosahují hodnot vyšších než 750 mm (Šimek 2008).

Sledovaná oblast Horní Lužnice patří k vlhčím částem povodí, s průměrným ročním úhrnem kolem 750 mm (Vlasák 2006). Nejsušší oblastí celého povodí je Třeboňská pánev, s ročními úhrny do 650 mm. V okolí Suchdolu nad Lužnicí dosahují průměrné roční úhrny také 650 mm. Směrem na jihovýchod však srážkové úhrny narůstají, z důvodu převažujícího severozápadního proudění, které se nasytí nad Třeboňskými rybníky a při výstupu do vyšších nadmořských výšek z něj vypadávají srážky. To způsobuje průměrné roční úhrny kolem 800 mm v nejjihnější části povodí (Chábera 1985).

V jednotlivých částech roku je distribuce srážek značně rozdílná. Na jaře dosahují srážky průměrně 150 mm, v létě pak 250 mm, na podzim a v zimě pouze kolem 100 mm nebo mírně nad tuto hodnotu (Atlas podnebí Česka 2007). Letní období je z dlouhodobého hlediska nejdeštivější, spadne zde až 39 % ročních srážek, nejvíce v červenci. Zimní období je pak nejsušší s pouze 16 % srážek a nejsušším měsícem lednem. Jarní a podzimní období

je srážkově průměrné, 24 % srážek spadne na jaře a 21 % srážek na podzim (Nekovář 1967 in Hastíková 2012).

Převládající proudění vzduchu je zde západního charakteru. V přízemní vrstvě jsou směr i rychlost ovlivňovány místními podmínkami, převážně orografickou členitostí. Mírný odklon k severozápadu je v Třeboňské pánvi způsoben usměrňováním podél delší osy pánve. Západní proudění také nejčastěji přináší srážky. Vyskytuje se zde občasné jihovýchodní proudění, které bývá ve většině případů suché. Průměrná roční rychlost větru se zde pohybuje kolem 2 m/s. V Třeboňské pánvi je dosahováno průměrně vyšších rychlostí než v Novohradských horách (Albrecht a kol. 2003).

### 3.4 Hydrologická charakteristika

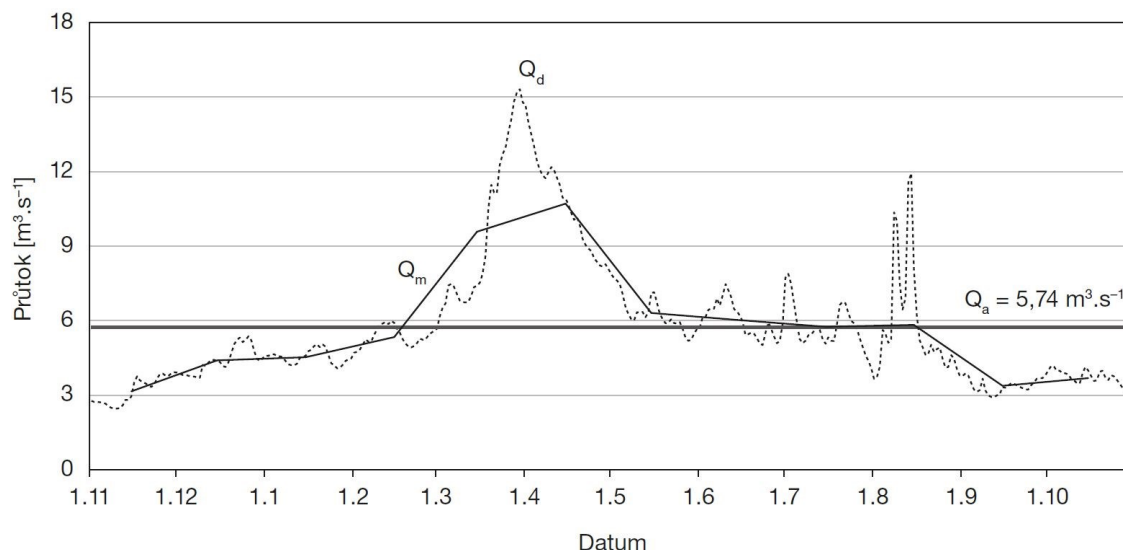
Povodí horní Lužnice zaujímá plochu přibližně 146 km<sup>2</sup> na našem území, celkem 942 km<sup>2</sup> spolu s územím na rakouské straně. Tvar této oblasti je značně odlišný od tvaru celého povodí. Celé povodí má mírně protáhlý tvar, horní Lužnice je však silně vějířovitého typu. Tomu odpovídají i hodnoty koeficientu charakteristiky povodí, který se vypočítá jako poměr průměrné šířky a délky povodí. Hodnota 0,11, pro celé povodí, odpovídá protáhlému tvaru, povodí horní Lužnice dosahuje hodnoty 0,22, což již odpovídá vějířovitému charakteru (Svoboda 2011). Délka toku na tomto území dosahuje 82 km z toho asi 20 km na našem území. Tento úsek Lužnice je nejzachovalejší, tvoří zde pás meandrů, což odpovídá i poměrně vysoké křivolakosti toku, přibližně hodnoty 2. Křivolakost toku udává poměr skutečné délky toku se vzdáleností mezi pramenem a ústím. Hodnota 2 je tedy poměrně vysoká a dokazuje tak výrazné meandrování toku v této oblasti. Z důvodu přirozených změn, ale i regulačních úprav, může míra křivolakosti kolísat (Svoboda 2011).

Oblast Horní Lužnice je charakteristická svou podobou nížinné řeky. Nachází se zde široká niva, v nejužších místech dosahuje 300 metrů a v nejširších až 1700 metrů, která je zřetelně oddělená od ostatní krajiny terasovými stupni. Tok je zde velmi zachovalý, s malým zásahem člověka, což se projevuje dobře vyvinutým pásem meandrů. Tento přírodní charakter řeky je typický dynamickou rovnováhou akumulace a eroze podloží a také rovnováhou vzniku a zániku fluvialních jezer (Šimek 2008). Nížinný charakter je také typický nízkým sklonem toku, který je zde pouze 0,067 %, s absolutním převýšením 24 metrů. Průtok Lužnice je poměrně vyrovnaný, rozkolísanost je zmírněna díky přirozeným vývěrům spodní vody (Černý 1994). Průměrný průtok na profilu Pilař je 6,21 m<sup>3</sup>/s

(ČHMÚ). Tato hodnota je však dosažena při započtení průtoku Zlaté stoky, která odvádí vodu z Lužnice ještě před profilem Pilař, průtok Lužnice bez Zlaté stoky je pak  $5,74 \text{ m}^3/\text{s}$  (Svoboda 2011).

Oblast povodí Horní Lužnice je rovněž významná akumulací podzemních vod, ty jsou zde vázané na křídové a terciární sedimenty, které se nachází ve větších hloubkách, pod sedimenty kvartérními, ve kterých proudí mělká podzemní vody. Významnější akumulace podzemních vod, na území Lužnice, se vyskytují v Třeboňské pánvi. Přírozené vývěry podzemní vody zde mají za následek zmírnění rozkolísanosti vodního toku (Černý 1994).

Graf č. 1: Chod průměrných denních ( $Q_d$ ) a měsíčních ( $Q_m$ ) průtoků na profilu Pilař za období 1. 1. 1965 až 31. 10. 2010



Zdroj: Svoboda a kol. (2015)

### 3.5 Povodně v povodí Horní Lužnice

Povodňové události v oblasti Lužnice byly zaznamenávány již od středověku, jejich význam je ale pro dnešní výzkumnou činnost malý, jelikož o nich nebyly zaznamenány žádné hydrologické charakteristiky. Daleko větší význam tak mají až události od druhé poloviny 19. století, které již změřeny byly. Analýzou povodní na Lužnici v historickém období se zabýval Vlasák (2007). Ve své práci uvádí, že výskyt povodní na Lužnici byl největší právě na konci 19. století, naopak nejmenší v druhé polovině 20. století. Od začátku 21. opět dochází k nárůstu povodňových událostí. Problematikou povodní se

zabýval také Svoboda (2011). Ten vymezil tři období častějšího výskytu povodní. První období bylo ve 20. letech minulého století. Do této periody přiřazuje také událost z roku 1890. Další období následovalo mezi lety 1949 a 1965, ve kterém nenásledovaly události každý rok za sebou, ale byly rozložené v celém období. Poslední období vymezuje Svoboda od roku 1996 do roku 2010. K tomuto období lze připojit i událost z roku 2013 (Musil 2015).

Výskyt povodní v povodí Lužnice je častější v jarním období, kdy dochází k tání sněhu ve zdrojových oblastech Lužnice. Z důvodu menších výškových rozdílů zde probíhá tání najednou na velké ploše. K intenzitě jarních povodní přispívá také promrzlá půda, která není schopna absorbovat takové množství vody. Toto období většinou trvá od března do dubna. Letní povodně se zde vyskytují méně často a jsou způsobeny převážně vytrvalými plošnými srážkami, které tak mohou zasáhnout velkou většinu území. Tyto povodně bývají charakteristické pomalejším vzestupem i poklesem. Jejich výskyt je nejčastější v květnu a červenci, avšak dosud největší povodeň zde proběhla v srpnu 2002 (Svoboda 2011).

Povodňové stavy na Horní Lužnici jsou zaměřovány na vodoměrném profilu Pilař a to při takových vodních stavech, kdy zde průtok překročí hranici jednoleté vody, což odpovídá 33 m<sup>3</sup>/s. Takovéto události jsou zde poměrně časté. Podle práce Svobody (2011) se zde vyskytlo 40 událostí v období mezi lety 1965-2010. Z těchto událostí jsou výraznější povodně letní i přes to, že jejich počet je menší. Jarní povodně s větší intenzitou se zde vyskytly 3 v období mezi lety 1920-2007 (Vlasák 2007).

### **3.5.1 Přírozené rozlivy v nivě Lužnice**

Oblast Horní Lužnice je velice zachovalou, člověkem málo přeměněnou, oblastí. Jsou zde tedy velice vhodné podmínky pro přírozené rozlivy. Jedná se o jedno z mála evropských míst se zachovalými tůňemi a odtrženými rameny. Rozlivy v této oblasti přispívají k její různorodosti a mají značný vliv na jezera, přispívají k jejich zmlazování a mohou vytvářet i jezera nová. Efekt říční nivy s takto zachovalou jezerní strukturou spočívá hlavně ve zpomalení průchodu povodňových událostí (Pithart, Pechar 2003).

Výzkumem přírodních rozlivů v nivě Lužnice se od konce 80. let minulého století zabýval Pithart a Simon (2003), kteří sledovali povodňové události na 141. říčním kilometru, právě v oblasti dnes nazývané jako Základna. Jejich práce byla zaměřena na období mezi lety 1989 a 1995. Z tabulky č. 1 lze poznat, že počet rozlivů je zde velmi častý, avšak velmi nepravidelný. Nepravidelná je i délka trvání jednotlivých událostí, která

se může pohybovat od jednotlivých dnů až po několik týdnů. Ve své práci také uvádí, že při desetileté vodě pojme niva Lužnice až 87 % vody a při stoleté až 92 % z celkového objemu v korytě a v nivě. Na základě těchto údajů odhadli objem vody v nivě, při povodni v roce 2002, na 9 milionů m<sup>3</sup>. Což pak vyvrátil ve své práci Dostál a kol. (2012), který na základě zrnitosti půdy zjistil, že objem, který jsou půdy schopny absorbovat, se pohybuje mezi 0,3 a 10,9 % povodňové vlny, při průtoku stoleté vody. Dostál a kol. (2012) také uvádí, že pasivní retenční objem všech bezodtokých depresí v nivě Horní Lužnice má hodnotu 105 000 m<sup>3</sup>, což tvoří pouze 0,26 % objemu stoleté povodňové vlny. Význam těchto depresí je tedy pro zadržení dalšího postupu povodně minimální.

Tab. č. 1: Počet rozlivů a jejich trvání v nivě Lužnice

Rok	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Počet rozlivů	4	2	3	11	1	2	9
Celkové trvání rozlivů (dny)	11	7	21	60	25	30	102

Zdroj: Pithart, Simon (2003)

Dalším výzkumem přirozených rozlivů se zde zabýval Šimek (2008). Jeho práce zde probíhala 25 měsíců v letech 2006 až 2008, za tu dobu zde zaznamenal 16 rozlivů. Z jeho práce vyplývá, že k vybřežení Lužnice dochází již při průtoku 6,32 m<sup>3</sup>/s na vodoměrné stanici v Nové Vsi nad Lužnicí, avšak až při 23,5 m<sup>3</sup>/s je zde vyhlášen první povodňový stupeň, tedy ne každý rozliv musí být zároveň povodní. Z jím zaznamenaných rozlivů pouze 4 dosáhly této nebo vyšší hodnoty a byly tedy považovány za povodeň. Seznam pozorovaných rozlivů je zaznamenán v tabulkách 2 a 3. Oranžovou barvou jsou znázorněny ty události, ve kterých došlo k překročení hranice povodně, modře pak události trvající déle než týden. Je zde také vidět, že nejdelší rozliv trval více než 40 dní, avšak jeho intenzita nebyla dostatečná, aby se jednalo o povodeň. Šimek (2008) také určil, že vodní hladina v jezerech v nivě klesá pomaleji, než hladina řeky což způsobuje celkově delší zadržení vody v nivě. Tabulka číslo 4 pak zaznamenává celkové trvání a počty rozlivů během Šimkova pozorování. I přes to, že v roce 2007 byla Lužnice v nivě rozvodněna více než půl roku, jednalo se celkově spíše o rok suchý (Šimek 2008).

Tab. č. 2 a 3: Počet a trvání rozlivů v nivě Lužnice

VI-VII 06	VII 06	VIII-IX 06	I 07	II 07	III 07	III-IV 07	X 07
19	2	24	2	2	6	17	1

IX-X 07	X 07	XI-XII 07	I-II 08	III 08	IV 08	VII 08	VII 08
32	7	42	20	2	8	1	3

Zdroj: Šimek (2008)

Tab. č. 4: Počet a trvání rozlivů v nivě Lužnice

	Celkem	2007	VII-XII 06	I-VII 08
Počet rozlivů	16	8	3	5
Celkové trvání rozlivů (dny)	188	109	45	34

Zdroj: Šimek (2008)

### 3.5.2 Průběh vybraných povodní

#### Povodeň 2002

Nebývalý úhrn srážek během srpna 2002 způsobil zatím největší povodeň na Lužnici. Došlo zde ke dvěma srážkovým epizodám, které zasáhly nejvíce právě jižní Čechy. První epizoda srážek proběhla během 6. a 7. srpna, kdy v Novohradských horách napršelo více než 200 mm srážek. Již tato událost způsobila na Horní Lužnici povodeň o velikosti stoleté vody (Rameš 2003). Druhá událost pak přišla ve dnech 11. a 12. srpna. Povodňová vlna vyvolaná těmito srážkami byla z hlediska průtoku téměř dvojnásobná oproti první vlně, a to z důvodu již nasyceného povodí. K extrémnímu vzestupu pomohly také přítoky řek Dračice a Skřemelice. Kulminace povodně na profilu Pilař nastala v noci ze 13. na 14. srpna, kdy bylo dosaženo hodnoty 500 m<sup>3</sup>/s. Postup obou povodňových vln byl velice rychlý, první protekla nivou mezi Novou Vsí nad Lužnicí a profilem Pilař za 9 hodin, druhá už za 7 hodin. Tato skutečnost dokládá, že zaplavená niva již nemá tak důležitou roli při povodních, jako při malých událostech, kdy dokáže povodňovou vlnu zpomalit (Svoboda 2011).

#### Povodeň 2006

Rok 2006 byl velice bohatý na povodňové situace, vyskytly se zde 3 výrazné povodně, z toho 1 v jarním období a 2 v období letním. Jarní povodeň však byla nejvýznamnější. Vyskytla se na konci března 2006 a byla způsobena táním sněhu a zároveň byla umocněna srážkami. Nástup této události byl poměrně rychlý, její ústup však výrazně

pozvolný. Kulminace dosáhla v noci mezi 29. a 30. březnem hodnotou  $146 \text{ m}^3/\text{s}$  na profilu Pilař, kde se jednalo o dvacetiletou vodu, dále v povodí však dosáhla povodeň až padesátileté vody (PVL 2006).

První letní povodeň se vyskytla na přelomu června a července, její intenzita dosáhla přibližně hodnoty jarní povodně. Její nástup byl však rychlejší a stejně tak její pokles, celkové trvání bylo také kratší než u jarní povodně. Hodnota průtoků byla větší na profilu Nová Ves, než u jarní povodně, na profilu Pilař však hodnot z jarní povodně nedosáhla (Šimek 2008). Intenzita povodně v Nové Vsi odpovídala dvacetileté vodě, avšak dále v povodí odpovídala hodnotě pouze pětileté vody. Příčinou povodně byly extrémní srážkové úhrny (Svoboda 2011).

Poslední povodeň v roce 2006 v letním období se vyskytla v srpnu. Průtok v Nové Vsi dosáhl hodnoty  $97,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , což odpovídá přibližně desetileté vodě. Ke kulminaci došlo 8. srpna. Na profilu Pilař došlo ke kulminaci o 12 hodin později při průtoku kolem  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ , což zde znamená pětiletou vodu (Šimek 2008).

### **Povodeň 2013**

Povodeň v tomto roce byla zapříčiněna dlouhotrvajícími srážkami v květnu a červnu nad většinou Střední Evropy, kvůli kterým bylo povodí nasycené a neschopné pak intenzivnější srážky vstřebat. Během těchto měsíců vypadl nad povodím Lužnice téměř dvojnásobek dlouhodobého průměru srážek (Musil 2015). Na začátku června zde došlo ke dvěma vydatnějšími srážkovými epizodám, které v nasyceném území způsobily silnou povodeň. První epizoda proběhla 1. a 2. června. Srážky při ní zasáhly celé území Lužnice. Ke kulminaci na profilu Pilař došlo pak v noci z 3. na 4. června a to při hodnotě  $120 \text{ m}^3/\text{s}$  což odpovídá desetileté vodě a 3. stupni povodňové aktivity. Druhá epizoda nastala mezi 8. a 10. červnem, nebyla již tak silná jako první epizoda, a povodňová vlna dosáhla na profilu Pilař pouze druhého stupně povodňové aktivity (PVL 2013). Srážková aktivita byla však soustředěna spíše na dolní tok Lužnice, což znamená, že se neprojevila retenční schopnost nivy, a tedy nedošlo ke zdržení povodňové vlny, která v Bechyni kulminovala dříve než při povodni v roce 2002. Zde také dosáhla povodeň hodnot stoleté vody. Důsledky této události byly srovnatelné s katastrofickými povodněmi z let 1997 a 2002 (ČHMÚ 2013)

### 3.6 Pedologické poměry

Třeboňská pánev se řadí svým půdním pokryvem mezi nejvíce rozmanité regionální půdní jednotky v Čechách. Nachází se zde největší areály semihydromorfních a hydromorfních půd. Velmi rozšířené jsou zde ale také gleje a pseudogleje, které se zde rozšířily převážně v oblastech se špatně odvodněným terénem a tvoří zde rozsáhle oblasti. Mezi plošně rozsáhle půdy se zde řadí také organozemě, jejichž vývoj je zapříčiněn postupnou akumulací biologického materiálu v bezodtokých oblastech kolem toků a nádrží, převážně na sedimentech předkvartérního stáří (Albrecht a kol. 2003)

Vlastnosti půdního podloží mají značný vliv na charakter odtokového režimu. Zásadní je tak struktura a textura půdy, obsah humusu, vlhkost a zvrstvení dané půdy. Na vývoj půdního pokryvu má největší vliv výšková členitost, klima a geologické podloží (Albrecht a kol. 2003).

Vývoj glejových půd je zde vázán především na periodicky zaplavované tůně a odškrcené říční meandry, v důsledku akumulace organických látek a jílu, především během povodňových událostí. Hlavní oblastí jejich výskytu jsou střední části nivy a základny úbočí teras. Mohou se však také vyskytovat na starých terasách, kde vznikly přeměnou ze silně zvětralých podzolů (Prach, Jeník, Large 1996).

V oblastech pahorkatin i vrchovin s plochým terénem a s mělkými terénními sníženinami se zde vyskytují pseudogleje, které se vyvinuly vlivem opakovaného zadržování srážkové vody na nepropustném podloží (Albrecht a kol. 2003).

Dalším typem půd, hojně se zde vyskytujícím, jsou podzoly, které se zde vytvořily převážně v nižších polohách na štěrkopískových terasách Lužnice a na sedimentech předkvartérního stáří. Jejich vznik zde byl umožněn výrazným promyvným vodním režimem. V důsledku střídání jílu a písku je však stupeň podzolizace rozdílný (Chábera 1985).

Výskyt kambizemí je zde vázán hlavně na zvětraliny vyvřelých a metamorfovaných hornin. Vyskytují se zde ale také kambizemě na písčítých a štěrkopísčítých uloženinách, které jsou typické v plochem reliéfu Třeboňské pánve. Jejich výskyt tak není typický pouze pro pahorkatiny a vyšší polohy, což je v Čechách ojedinělé (Chábera 1985).

Fluvizemě se vyskytují v nejnižších částech terasy, tedy v samotné nivě Lužnice. Vznikly opakovanou akumulací humusu a minerálního materiálu, který je sem přinášen při záplavách. Stáří fluvizemí je rozdílné v závislosti na vzdálenosti od koryta. Nejmladší se



vyskytují v blízkosti řečiště nebo přímo v něm, nejstarší pak ve větších vzdálenostech od řeky (Albrecht a kol. 2003).

V místech silně zvodněných bezodtokých depresí se vyskytují organozemě v podobě rašelinných půd. Ty zde vznikly postupnou akumulací biologického materiálu. Rozdělují se zde na dva typy, slatinné, které vznikly ve sníženinách s vysokým stavem spodní vody, a půdy přechodných rašelinišť, vzniklých pod rašelinnými loukami. Jsou rozšířené především v okolí Mirošova a na jihozápadě Novobystřické vrchoviny (Albrecht a kol. 2003).

### **3.7 Biogeografie území**

Povodí Lužnice se nachází v několika ekologicky významných a chráněných oblastech. Díky ochraně přírody je zde vegetace velmi rozmanitá a nachází se zde i některé vzácné druhy rostlin i živočichů.

Velmi významným prvkem jsou zde rozsáhle jehličnaté i listnaté lesy, ve kterých je druhově významná borovice lesní, borovice blatka a borovice zkřížená. V bylinném patře jehličnatých lesů se zde vyskytuje například játrovka a třtina chloupkatá, v listnatých lesích pak kopytník evropský, lilie zlatohlavá či jaterník podléška (Friedl a kol. 1991). Z listnatých stromů jsou zde zastoupeny duby a lípy, které se zde často vyskytují na hrázích vodních nádrží. V duboborových lesích se vyskytuje zvoneček klasnatý, hvozdík pyšný a vzácný koniklec jarní. Mezi druhově bohaté patří lužní lesy a olšiny. Vyskytují se zde také rašelinné lesy, ve kterých lze nalézt chráněný rojovník bahenní. Velkou část Třeboňska tvoří acidofilní doubravy. Mezi významné rostlinné druhy patří také vodní květena, která je zastoupena porosty stulíků, leknínů, kosatce bahenního a dalšími rostlinami. V nivě se také často vyskytuje kopřiva dvoudomá a netýkavka žláznatá. V tůních a poříčních jezerech roste stolítek klasnatý, bublinatka jižní či žebratka bahenní, při březích pak kosatec žlutý a puškvorec obecný (Albrecht a kol. 2003). Nachází se zde také několik vzácných rašelinných, rozmanitých luk a ostřicových porostů. Na rašeliništích se vyskytuje mnoho druhů rašeliničů, vzácných suchopýrů a několik vřesovitých rostlin jako je vřes obecný či borůvky a brusinky (Friedl a kol. 1991).

Vývoj složení zvířeny zde byl ovlivněn změnami krajiny v posledních stoletích. Mnoho druhů tak zaniklo, ale jiné druhy zas získaly podmínky pro lepší šíření. Využití krajiny, terénní podmínky, či nadmořská výška jsou zde specifické různými druhy (Chábera

1986). Oblast Třeboňska je tak bohatá na živočišné druhy. Nachází se zde jak mnoho stalých živočichů, tak množství migrujících, mezi nimi hlavně ptáci, jelikož Třeboňsko leží na významné evropské křižovatce pro tah ptactva. Výskyt ptačích druhů je zde mimořádně velký a to hlavně ptáků vodních a mokřadních. Své hnízdiště zde má řada kachen a potápek, nachází se zde také labuť či husa velká. V oblastech s nezamrzající řekou přezimují různé druhy volavek a hejna kachen, čítající mnohdy stovky až tisíce jedinců (Friedl a kol. 1991). Z chráněných druhů obratlovců se zde vyskytuje například ledňáček říční, hohol severní, ještěrka živorodá, ropucha krátkonohá a jiní. Savci jsou zde pak zastoupeni obvyklými druhy hlodavců, netopýrů, šelem i kopytníků. Své útočiště v nivě nachází především prase divoké nebo srnec obecný, v mokřadech pak například rejsek vodní. Významným druhem je zde vydra říční, která žije v okolí místních řek a rybníků. Její populace zde patří k největším ve střední Evropě. Třeboňské vody jsou bohaté na velké množství druhů ryb. Hojně se zde vyskytují kaprovité ryby, okoun, štika, stěvle a mnoho dalších (Albrecht a kol. 2003).

### **3.7.1 Ochrana území**

Celá oblast povodí horní Lužnice se nachází v několika chráněných územích. Největší je zde Chráněná krajinná oblast Třeboňsko, které se rozprostírá na 700 km<sup>2</sup>. K jejímu vyhlášení došlo 15. listopadu 1979. Území Třeboňska je také zařazeno mezi biosférickými rezervacemi UNESCO, a to již od roku 1977. Hlavním předmětem ochrany je právě říční niva společně se soustavou rybníků. Jedná se o téměř jediné velkoplošné chráněné území, které se nachází v rovinaté krajině. Vývoj tohoto území je ovlivňován již od 12. století, což dokládá rozmanitá skladba původních i umělých biotopů s pestrou florou a faunou. Tato relativně malá plocha tak poskytuje prostor velkému množství rostlinných i živočišných druhů (Albrecht a kol. 2003).

Celé tato oblast je charakteristická hlavně rybníční soustavou, avšak velice důležité jsou i zdejší mokřady, rašeliniště, nivní oblasti s řadou meandrů, slepých ramen, tůní a oblastmi lužního lesa, dále pak písečné přesypy nebo zemědělské plochy. Dalším předmětem ochrany se v roce 1990 staly dvě lokality v rámci Ramsarské konvence a to Třeboňské rybníky a Třeboňská rašeliniště. Později zde byla, v rámci programu NATURA 2000, zařazena oblast horního toku Lužnice do seznamu evropsky významných lokalit jako Třeboňsko střed. Kromě těchto ochranných opatření se na území horní Lužnice vyskytují významná maloplošná chráněná území. Jedná se o dvě národní přírodní rezervace Žofinka

a Červené Blato, několik přírodních rezervací, jako například Krabonošská niva, nalézající se mezi hranicí s Rakouskem a Novou Vsí nad Lužnicí, či Dračice, Na Ivance, Bukové kopce, Horní Lužnice a další (Albrecht a kol. 2003).

### **PR Horní Lužnice**

Tato oblast zaujímá přibližně 414 ha v oblasti kolem toku Lužnice v délce 16 km. Nachází se mezi Novou Vsí nad Lužnicí a Suchdolem nad Lužnicí. K jejímu vyhlášení došlo v roce 1994. Význam této oblasti je především v jejím zachování od vlivů člověka, jedná se o téměř poslední takovéto území v Čechách. Lužnice zde vytváří meandrující úsek v nivě, která bývá periodicky zaplavována. Niva je zde ohraničena říčními terasami, které ve více stupních vystupují několik metrů nad její dno. Mez řekou a terasami se nachází velké množství mrtvých ramen, tůní a terénních depresí. Celkově se jedná asi o 140 fluviálních jezer. Jedná se tak o rozmanité území s charakteristickou vodní a mokřadní vegetací. Dřevinné porosty se vyskytují spíše při břehu Lužnice než v podobě lesních porostů. Mezi nejčastější patří vrby, duby a olše. V některých místech byla niva využívána jako louky a pastviny, avšak většinu minulého století již využívána nebyla a dodnes je ponechána přirozenému vývoji. Jedinou výjimku tvoří krátký úsek toku v Nové Vsi nad Lužnicí, který byl v minulosti upraven (Albrecht a kol. 2003).

## 4 Fluviální jezera

Vymezení jezer je v různých pracích uváděno rozdílně. Definice Forela (1901 in Janský a kol. 2003) uvádí, že jezero je stagnující vodní hmota, která se nachází v prohlubni zemského povrchu a je na všech stranách uzavřená a zároveň nemá žádné povrchové spojení s mořem. Tuto definici dále rozvádí Janský a kol. (2003), který uvádí, že základní předpoklad je tedy prohlubeň alespoň částečně naplněná vodou a zároveň tuto definici upravuje pro Českou republiku, protože je zde málo jezer, která by samotné Forelově definici odpovídala. Rozšířená je definice také o fakt, že jezera nelze jednoduchým způsobem vypustit tak, jak je tomu u rybníků či vodních nádrží.

Rozdělení jezer do kategorií je možné podle mnoha vlastností. Například podle vzniku se jedná o jezera destruktivní, konstruktivní a obstruktivní. Podrobněji lze rozdělit jezera na tektonická, vulkanická, glaciální, fluviální, antropogenní a další. Další rozdělení lze provést podle teploty, chemických vlastností, objemu organických látek, na základě přítoku a odtoku a jiných znaků (Šobr 2007). Jezera vznikají na základě místních podmínek, což znamená, že jejich vývoj není identický na různých místech planety, avšak i přesto často vznikají ve skupinách s podobnými vlastnostmi a tvoří tak geograficky i biologicky jedinečné a komplexní systémy (Hutchinson 1957).

Do kategorie fluviálních jezer patří všechna jezera, na jejichž vzniku se podílelo působení vodního toku. Jedná se převážně o mělká jezera, která jsou ovlivňována atmosférickými faktory, hydrodynamikou a vzájemnou interakcí s okolním prostředím (Janský a kol. 2003). Jejich výskyt je tedy silně vázán na vodní toky, nejčastěji se vyskytují v údolních nivách řek, na středním a dolním toku. Zde dochází ke zpomalení a napřimění toku, sedimentaci přinášeného materiálu a tvorbě meandrů a zákrutů. Oblast nivy je tvořena částečně propustnými sedimenty, což způsobuje jejich hydrologické propojení s korytem řeky. Při povodni bývá většinou zaplavována buď částečně nebo úplně, což má vliv na sedimentaci materiálu, meandrování toku a samotná fluviální jezera (Wetzel 2001).

Vznik fluviálních jezer rozděluje tato jezera do čtyř kategorií. První z nich jsou jezera vzniklá akumulací činností, zahrazením vedlejšího nebo hlavního toku nebo jejich částí. Deltová jezera vznikají v deltách velkých řek, kde díky klesající rychlosti toku, klesá jeho unášecí schopnost a sediment se usazuje, což vytváří akumulací tvary, ve kterých se voda zadržuje. Erozní typ jezer vzniká v místě, kde vodopád vytvoří prohlubeň a po

přeložení nebo vyschnutí toku právě v této prohlubni zůstane jezero. Poslední typ jsou jezera vzniklá akumulací či erozní činností v nivě (Hutchinson 1957).

#### **4.1 Vznik a vývoj fluviálních jezer**

Hlavními procesy při vzniku fluviálních jezer jsou eroze a akumulace unášeného sedimentu. Ty závisí na charakteru proudění v řece, rychlosti vody a také na charakteru unášeného materiálu. Základním typem jezer v nivě jsou odškrbené meandry. Ty vznikají v místech, kde řeka nemá dostatečnou energii a dochází tak k jejímu zvlnění. Díky snížení rychlosti se zde začínají střídat akumulací a erozní procesy. Akumulace probíhá v místech, kde je menší unášecí rychlost, což je na vnitřní straně meandru, která se nazývá jeseň. Eroze probíhá na opačné straně, tedy u vnější části meandru, kde proudění působí větší silou na koryto a rozšiřuje se dále do nivy. Tato část se nazývá výsep (Netopil 1984). Rozdílné působení sil v korytě způsobuje prodlužování meandru a postupné ztenčování v nejužším místě, ve kterém později dochází k odškrbení nebo k prořezání výmolového koryta, které poté zaujme funkci hlavního toku. Tímto se z meandru stává mrtvé rameno a vzniká tak fluviální jezero (Wetzel 2001). Odškrbení meandru může být také způsobeno antropogenní činností, když je uměle narovnáno koryto toku. Vznik meandrů je také ovlivněn podložím. Pokud je tvořeno z pevných hornin dochází tak k vytvoření zakleslých meandrů, které téměř nemění svoji polohu (Netopil 1984).

Oddělení meandru způsobuje náhlé změny v toku, dochází k nárůstu sklonu a tím pádem k nárůstu rychlosti proudění, což může způsobit protržení dalších meandrů směrem po proudu. Mnohonásobné protržení meandrů je možné při povodňových událostech. Poté co dojde k oddělení meandru, začne rychle docházet k jeho zanášení sedimenty, z důvodu poklesu proudění. Sediment se nejdříve hromadí u výtokové části, kde postupně dojde k přerušení ovlivňování meandru hlavním tokem. Změní se také působení proudění vody. V oblasti výsepu už nedochází k erozi a projevují se zde tak svahové procesy. Akumulace u jeseňského břehu se nezastaví, ale pouze zpomalí. Tyto změny mají za následek postupné zúžení koryta (Máčka 2011).

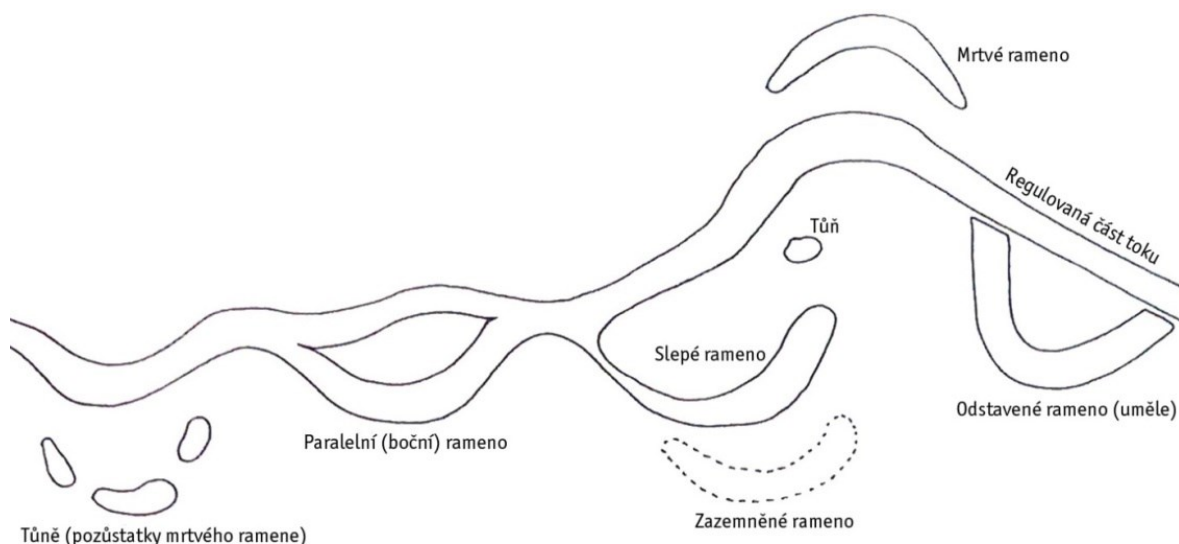
K vývoji jezer patří také jejich zánik. K němu dochází hlavně díky postupnému zanášení sedimentem či zarůstání vegetací. Uměle mohou zanikat jezera antropogenním působením. Zvýšená sedimentace způsobuje rychlejší růst vegetace v jezerech, což sedimentaci dále urychluje. Postupným zanášením dochází k přeměně na jezera

organogenního typu, která se mohou změnit až na slatiny (Janský a kol. 2003). Povodeň působí na jezera rozdílně, podle jejich polohy v nivě. Pokud se jezera nachází v hlavním proudu povodně, dochází k jejich prohlubování, protože je z nich část materiálu odnášena. Pokud však leží při okraji, nemá zde povodeň již takové unášecí schopnosti a dochází k jejich zanesení sedimenty. Takováto jezera zanikají nejrychleji. Nejpomalejší zánik provází jezera průtočná, protože je z nich materiál odnášen (Šobr a kol. 2012).

## 4.2 Typologie tůní a říčních ramen

Pojmenováním jezer se zabývali mnozí autoři. Problémem při pojmenování může být například špatný překlad, což může způsobit že se názvy v různých jazycích nepřekrývají, či nejasný původ vzniku jezera, protože může docházet k přeměně z jednoho typu na jiný (Šobr a kol 2012). Názvosloví vytvořené Husákem a Květem (2000) obsahuje pouze dva základní pojmy, a to říční rameno a tůň. Říční rameno definují jako současnou či bývalou část toku, Typický je poměr délky a šířky, přičemž délka několikrát přesahuje šířku. Mohou být také ramena mrtvá, tedy oddělená zcela nebo slepá, spojená pouze jedním koncem s vodním tokem. Tůně jsou pak ostatní vodní plochy, vzniklé přirozeným způsobem a dosahující maximálně 100 m<sup>2</sup>, vznikající při povodních nebo jako pozůstatek mrtvého ramene (obr. č. 3).

Obr. č. 3: Vybrané vodní objekty v nivě

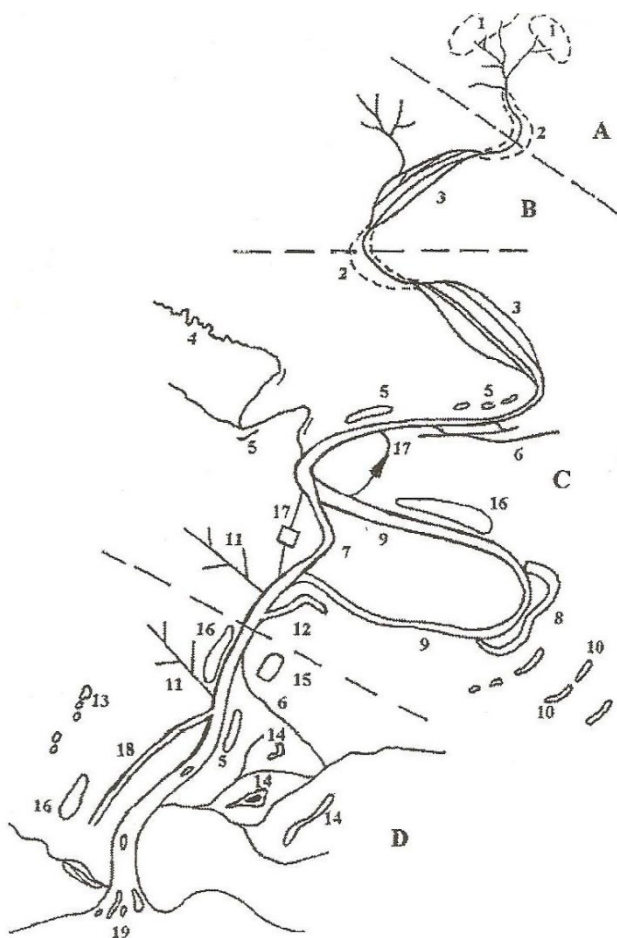


Zdroj: přepracovala Havlíková (2011) podle Husák a Květ (2000)

Další vymezení fluviálních jezer určil Černý (1994), který prováděl svůj výzkum právě na území Horní Lužnice. Vymezil zde čtyři kategorie. První skupina obsahuje tůň s kruhovým tvarem, které dosahují průměru 15-20 metrů a se značnou hloubkou ve středu. Druhým typem jsou oválné tůň, které dosahují větších rozměrů a jsou pozůstatkem mrtvých ramen. Další skupinou jsou mrtvá či slepá ramena, která jsou podle stáří v různém stádiu zazemnění. Jsou typické svým protáhlým tvarem a zakřivením. Často jsou během svého vývoje rozdělena na systémy jednotlivých tůní. Do této kategorie patří většina jezer nivy Lužnice. Jako poslední typ vymezil Černý (1994) tůň nepravidelné, rozsáhlé a mělké deprese.

Kategorizaci fluviálních jezer vytvořil také Pithart a kol. (2003). Základní rozdělení na dvě kategorie určuje podle délky, protože tůň jsou spíše kruhového tvaru a říční ramena protáhlého tvaru. Poté určil 4 kategorie říčních ramen a 3 typy tůní (obr. č. 4). Jedná se o slepá ramena propojená s řekou jedním koncem, mrtvá ramena, oddělená přirozeným

Obr. č. 4: Názvosloví objektů řek a niv



A – pramenná oblast, B – horní tok, C – střední tok, D – dolní tok; 1 – pramen, 2 – násep, násepový (nárazový) břeh, 3 – jesep, jesepový (vypuklý) břeh, 4 – přítok, meandrující potok, 5 – zbytek původního koryta (malé vodní těleso či mokřad), 6 – anastomózující boční rameno, 7 – protržený meandr, 8 – zbytek starého meandru (neprůtočný, přirozeně oddělený), 9 – Starý meandr, mrtvé rameno (více či méně průtočné, uměle odříznuté), 10 – tůň či mokřady, 11 – odvodňovací systém kanálů, 12 – slepé (zpětné) rameno, 13 – zbytky mrtvého ramene, lužní (nivní) tůň, 14 – mrtvé rameno vzniklé dále od řeky (v místě bývalého meandru a anastomózujících ramen, lužní jezero, 15 – kruhová tůň (vzniklá zatopením vytěžené jámy – těžba písku či štěrku), 16 – podélný typ tůň, 17 – průpich meandru (umělý), 18 – boční (vedlejší, anastomózující) rameno (využívané jako odvodňovací nebo zavodňovací kanál), 19 – ústí toku do moře

Zdroj: Pithart a kol. (2003)



způsobem, odstavená ramena, oddělená od toku antropogenně a ramena dvojítá nebo paralelní, která jsou stále součástí toku. Mezi tůň zařadil taková jezera, která dosahují velikosti mezi 10 a 400 m<sup>2</sup> a ta pak rozděluje do kategorií podle doby zavodnění. Vymezil tůň stálé a periodické, kde rozlišuje, zda se jedná o jarní nebo letní typ, které vznikají buď táním sněhu po zimě, nebo z letních přívalových srážek.

Názvosloví fluviálních jezer vytvořil také Just a kol. (2005), který rozlišuje druhy podle spojitosti s hlavním tokem. Rozděluje říční ramena na čtyři základní kategorie a k tomu ještě dva typy tůní, které nejsou pozůstatkem koryta a to na základě ovlivnění tokem. Podobným způsobem vytvořil klasifikaci také Pan a kol. (2014), který však vytvořil pouze 3 kategorie podle spojitosti s tokem, ale na základě výskytu bezobratlých živočichů.

Typizací fluviálních jezer se zabýval také Hutchinson (1957). Rozdělil je na pět kategorií podle vzniku. Jedná se o odškracené meandry, opuštěná říční ramena, zaplněné deprese vzniklé ukládáním materiálu za povodní. Dále pak jezera vzniklá za agradačním valem na okraji nivy a jezera vzniklá proražením vnějšího břehu meandru a vytvořením nového koryta, díky čemuž se vytvoří jezero ze starého meandru.

Obr. č. 5: Letecký snímek PR Horní Lužnice



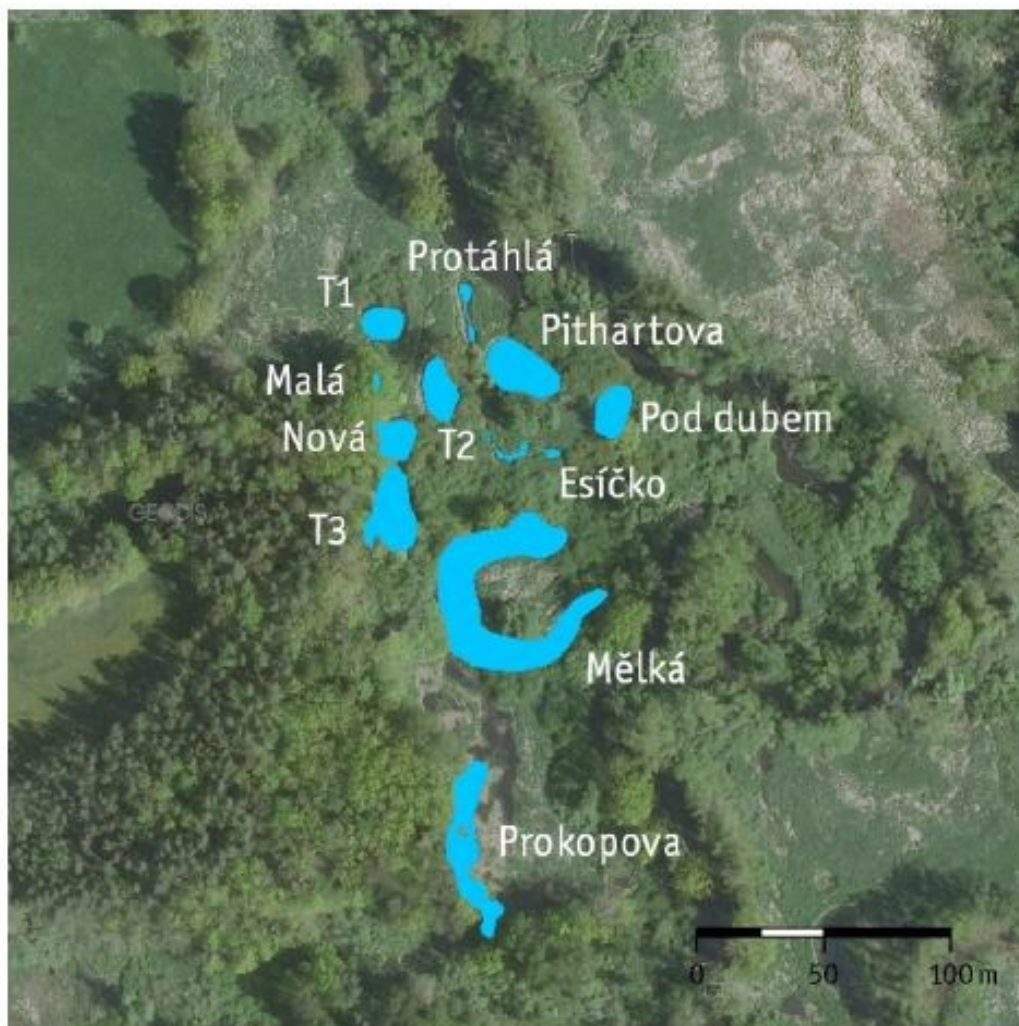
Zdroj: Jan Ševčík, [www.sevcikphoto.com](http://www.sevcikphoto.com)



## 5 Studovaná oblast

Část přírodní rezervace Horní Lužnice na 141. kilometru toku, se nazývá Základna. Tato oblast se rozkládá na levém břehu Lužnice a zabírá přibližně 4 ha. Její využití pro výzkumnou činnost probíhá již od 70. let 20. století, kdy zde probíhal hydrobiologický výzkum. V 90. letech zde pak probíhal výzkum chemismu a oživení stojatých vod prováděný Pithartem (Šimek 2008). V této oblasti se pak nalézají 11 jezer, z nichž některá jsou nestálá, a pouze jedno je mrtvé říční rameno. Pro tuto práci byla vybrána 4 jezera s různým tvarem, vzdáleností od řeky i stářím. Důvodem tohoto výběru je především návaznost na předchozí práce a možnosti porovnání vývoje daných jezer.

Obr. č. 6: Oblast Základna



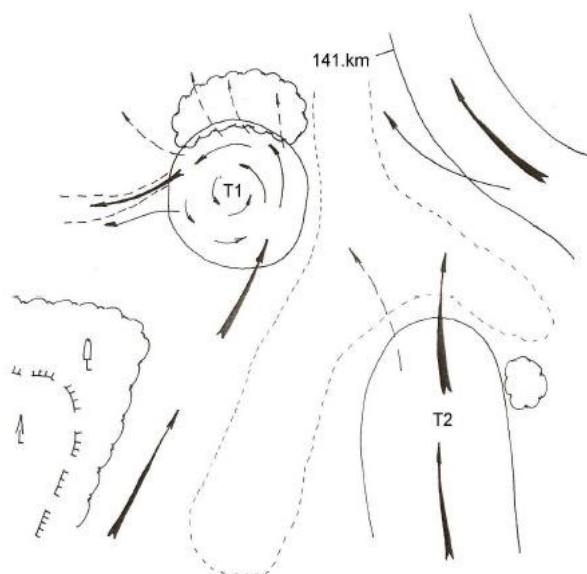
Zdroj: Hastíková (2012)

## 5.1 Charakteristika vybraných jezer

### Tůň T1

Tato tůň je poslední tůň v oblasti Základny, směrem po proudu. Její tvar je téměř kruhový, což je způsobeno vířivým pohybem vody při rozlivech (obr. č 7). Proudění se sem dostává směrem od jihu od tůň Malá a Šimkova a vytéká směrem na západ. Severní břeh tůně je zarostlý vegetací, což způsobuje zadržování více sedimentů.

Obr. č. 7: Schéma proudění v tůni T1 při rozlivu



Zdroj: Černý (1994)

### Šimkova tůň (také T2)

Jedná se o největší ze sledovaných tůň. Její tvar je více oválný, než u ostatních tůň. Nachází se přibližně v polovině vzdálenosti mezi řekou a terasou. Při rozlivu se do ní prouděním dostává voda směrem od jihu, od tůně T3, avšak rychlost tohoto proudění je velmi malá, jelikož se zde nachází bujná vegetace, která přechází až nad hladinu samotného jezera. V místech proudění ani není vytvořený žádný zřetelný kanál. Proudění z Šimkovy tůně směřuje k tůni T1 již značně vyhloubeným kanálem. Na severovýchodním břehu tůně se nachází mohutný dub, který vodní plochu z části zakrývá. Měření na této tůni probíhalo již v 90. letech, kdy zde Pithart umístil vodočetnou lať (Šimek 2008). Nyní je zde již od konce roku 2008 elektronický měřič hladiny, který snímá v intervalu 10 minut a posílá data jednou denně na internetové úložiště, kde jsou data zpětně dostupná až k počátku měření.

Obr. č. 8 a 9: Tůň T1 a Malá



Zdroj: fotoarchiv autora

### **Malá tůň**

Tůň Malá se nachází bezprostředně za Novou tůňí v těsné blízkosti terasy. Tato tůň je velmi mladá, vznikla někdy mezi lety 2008 a 2009 (Šimek 2008, Hastíková 2009). Jedná se o periodickou tůň, která je naplněna pouze při vyšších stavech podzemní vody nebo při rozlivech. Její vznik byl podmíněn prouděním vytékajícím z Nové tůně, které zde vytvořilo kanál, v němž se později tato tůň vyhloubila. Proudění se v této tůni dále rozděluje do dvou směrů a to severozápadně podél terasy dále do prostoru nivy a severovýchodně mezi jezera směrem k tůni T1.

Obr. č. 10: Šimkova tůň



Zdroj: fotoarchiv autora



## Nová tůň

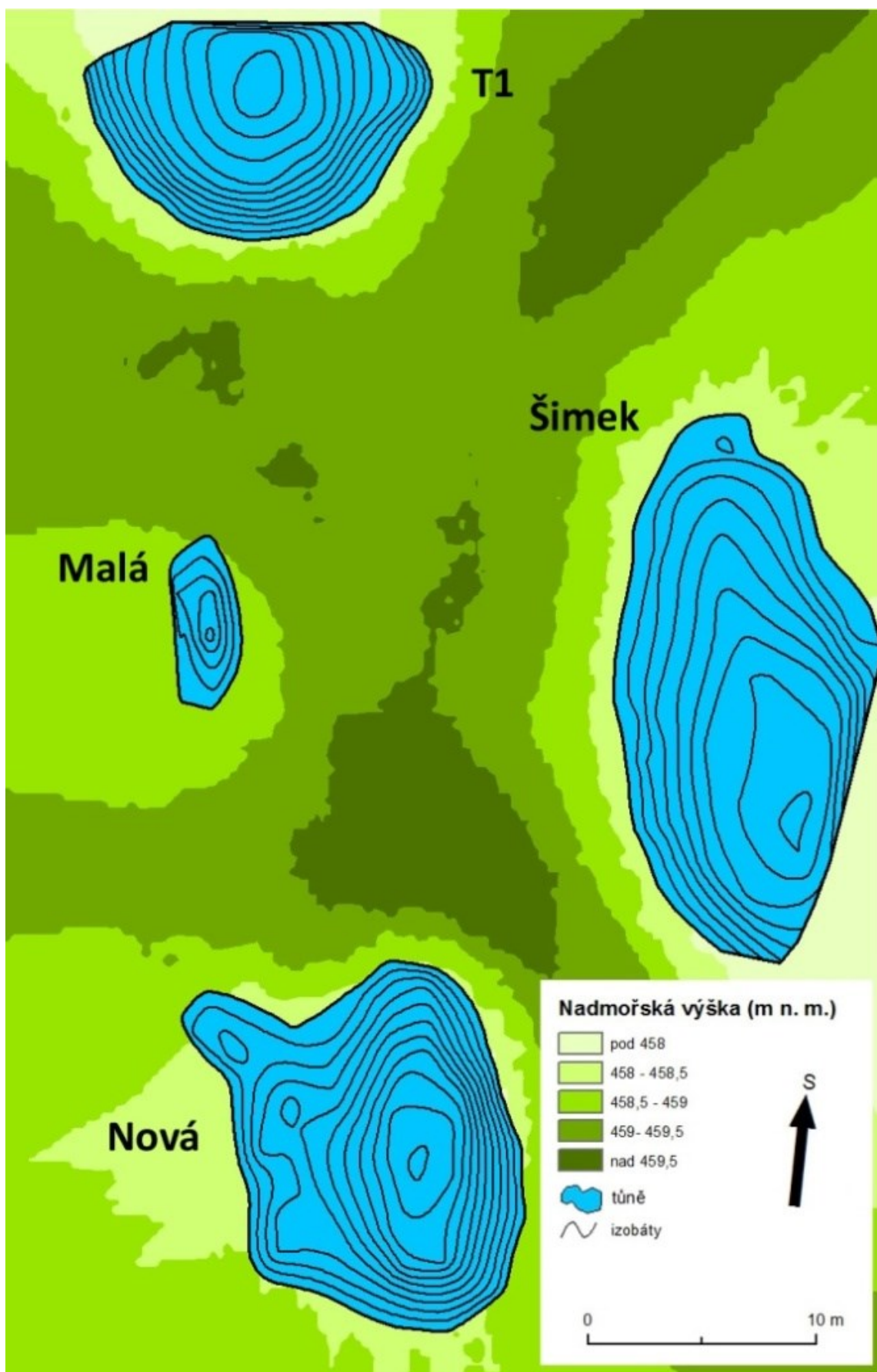
Tvar této tůně je přibližně kruhový, avšak v severní části se vytvořil výběžek kolem kořenové části dubu, stojícího při jejím břehu, který většinu plochy tůně zakrývá. Tůň se nachází při levé části nivy, pod vloženou terasou. Z jihu sousedí s větší tůní T3, od které je oddělena přibližně metr a půl širokým prahem, přes který se sem dostává voda při rozlivu. Proudění z Nové tůně probíhá v jediném místě a to na severním břehu ve výběžku pod terasou. Tato tůň vznikla při velké povodni v srpnu roku 2002. Významný vliv na její vývoj měla i povodeň v roce 2006, při které se značně prohloubila (Šimek 2008).

Obr. č. 11: Nová tůň



Zdroj: fotoarchiv autora

Obr. č. 12: Část nivy Základny v roce 2017



Zdroj: vlastní zpracování dat

## 6 Metodika

Terénní měření probíhalo celkem čtyřikrát a to ve dnech 22. 6. a 31. 10. 2017 a 14. 3. a 21. 5. 2018. Během těchto terénních výjezdů bylo provedeno batymetrické měření vybraných jezer a také zaměření prostoru nivy mezi nimi, dále pak zaměření proudění v prostoru nivy při rozlivu řeky Lužnice a odběr vzorků sedimentů z vybraných jezer.

### 6.1 Batymetrické mapování

Mapování jednotlivých jezer bylo provedeno během dvou terénních výjezdů. K mapování prostoru nivy byla použita přenosná geodetická GPS Leica GS 20 s připojením k síti CZEPOS a s korekcí naměřených souřadnic stanice připojená přímo k výtyčce, se kterou se v terénu měřilo. Tato stanice má bohužel omezenou přesnost v oblastech s lesním porostem, který brání signálu z GPS družic, její použití tedy nebylo možné pro celé zájmové území. Druhým omezením je výška výtyčky, která má na sobě napevno připojenou GPS stanici, takže nebylo možné zaměřit jezera v celé jejich hloubce. Pro měření jezerních pánví byla využita totální geodetická stanice Leica 1202. Tato stanice se nejdříve v terénu zaměří pomocí GPS GS 20 na volném prostranství s kvalitním signálem z družic a poté se měří jednotlivé body pomocí infračerveného paprsku a odrazného hranolu na výtyčce. Je tedy možné zaměřovat jakékoliv body, které nejsou od totální stanice zastíněny v horizontálním směru. Zaměření každého jezera probíhalo tak, že pomocník nejdříve obešel jezero s výtyčkou a zaměřil hladinu jezera. Poté probíhalo zaměření dna jezer, ve většině případů bylo potřeba použít nafukovací člun a prodloužení na výtyčku, vzhledem k hloubce jezer a nestabilnímu dnu. Při každém měření bylo zaměřeno kolem 500 bodů.

Zpracování dat z totální stanice probíhalo v programech Microsoft Excel a ArcGIS 10.3.1. První krok byl proveden v programu Excel, kde došlo k upravení bodů před dalším zpracováním. V tomto programu byly také vypočítány morfometrické charakteristiky daných jezer. Dalším krokem bylo zpracování upravených dat v programu ArcMap, který je součástí programu ArcGIS. Zde došlo k zobrazení dat v souřadnicovém systému S-JTSK a došlo k jejich rozřazení tak, aby každé jezero mělo samostatnou skupinu bodů a dalo se s nimi pracovat jednotlivě. Poté byly pomocí funkce Topo to Raster převedeny na rastrový obraz, ze kterého byly vytvořeny vrstevnice na základě souřadnice Z, funkcí Contour. Dále byly vybrány pouze ty vrstevnice, které patřily jednotlivým jezerům a oříznuty polygonem

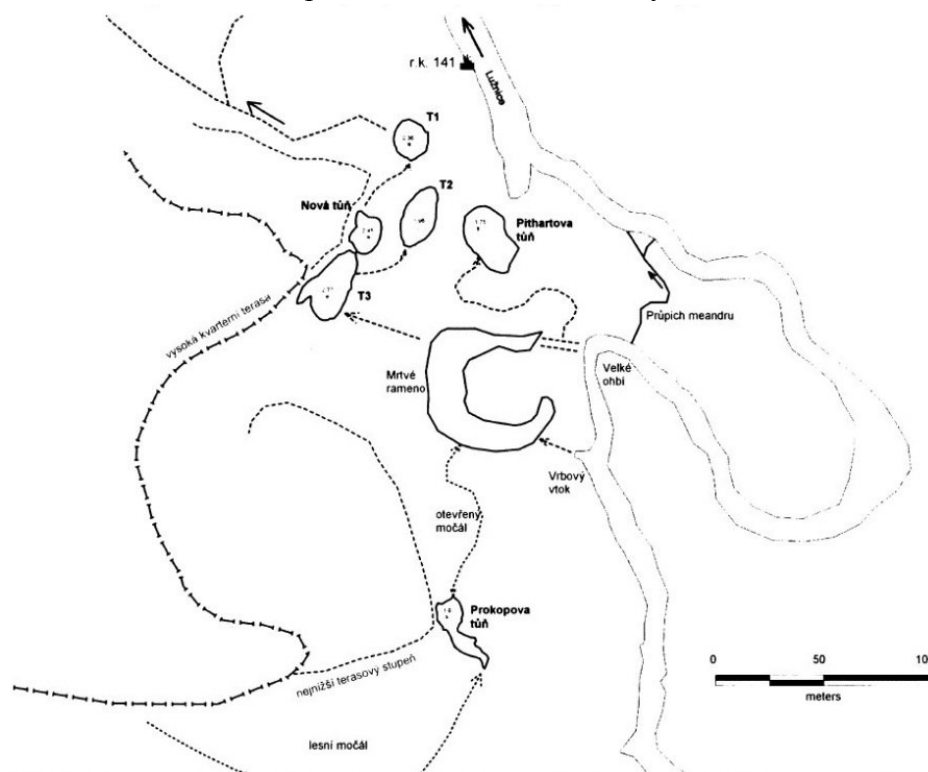
z bodů, které odpovídaly hladině jezera. Takto byla vytvořena jednotlivá jezera a jejich izobaty. Pomocí těchto dat byly počítány další morfometrické charakteristiky.

Použité morfometrické charakteristiky jsou shodné jako v předchozích pracích, na které je tato práce navázána, tedy práce Hastíkové (2009, 2012) a autorovy bakalářské práce. Jedná se o tyto charakteristiky: obvod jezera ( $O$ ), plocha jezera ( $P$ ), délka jezera ( $L$ ), objem jezera ( $V$ ), maximální ( $B_{\max}$ ) a průměrná ( $B_{\text{prům}} = P/L$ ) šířka jezera, maximální ( $h_{\max}$ ) a střední ( $h_s = V/P$ ) hloubka, hloubkový koeficient ( $K = h_s/h_{\max}$ ), relativní hloubka ( $h_r = 50h_{\max}\sqrt{\pi}/\sqrt{P}$ ), stupeň členitosti břehové linie ( $R = O/2\sqrt{P\pi}$ ), průměrný sklon dna ( $\text{tg}\beta = h_{\max} \times O/(2 \times P)$ ) (Hutchinson 1957).

## 6.2 Měření proudění při rozlivu

Výskyt rozlivu, který by byl vhodný k měření, se vyskytl až v březnu 2018. V roce 2017 se nepodařilo rozliv zachytit, při terénním výjezdu byla již voda pod úrovní rozlivu. Terénní výjezd, se zaměřením na měření v nivě při rozlivu Lužnice, se uskutečnil 14. 3. 2018. Nárůst hladiny zde začal probíhat 8. 3. a kulminoval 13. 3., v době měření však byla hladina téměř na stejné úrovni jako předchozí den, opadávat začala postupně až v následujících dnech. Na základě schématu (obr. č. 13) proudění z práce Šimka (2008) a pozorování přímo v terénu, byla vybrána 4 místa vhodná pro měření průtoku. Samotné měření probíhalo pomocí přístroje Flow Tracker od firmy SonTek, který měří proudění metodou ADCP, tedy pomocí Dopplerova jevu. Každý vybraný profil bylo potřeba zaměřit pásmem a rozdělit na stejné úseky, v každém úseku se pak zaměřilo proudění zvlášť a přístroj poté vyhodnotil celkové proudění v profilu.

Obr. č. 13: Schéma proudění v oblasti Základny



Zdroj: Šimek (2008)

### 6.3 Odběr sedimentů a zpracování vzorků

K odběru sedimentů byla zvolena jezera T1, Šimek a Pithart, a to z toho důvodu, že v těchto jezerech probíhá kontinuální měření hladiny automatickými hladinoměry. Je tedy možné porovnat sedimenty v těchto jezerech a kolísání jejich hladin. Odběr byl proveden pístovým vzorkovačem firmy Eijkelkamp. V každém jezeru byl proveden jeden odběr, a to co nejblíže ke středu jezera. Každý vzorek byl poté důkladně zdokumentován. Byl změřen metrem, nafocen a rozdělen podle vrstev, které byly dále převezeny do laboratoře, kde byla určena zrnitostní struktura jednotlivých vrstev pomocí metody sítování. Celkem bylo připraveno 12 vzorků.

Sítování v laboratoři probíhalo metodou mokrého sítování. Bylo použito celkem 8 sít o velikostech ok 8 mm, 4, mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm a 0,063 mm. Sítování každého vzorku se provádělo ručně pod tekoucí vodou. Z každého síta byl poté odebrán zbylý sediment, který byl po usušení zvážen. Další zpracování probíhalo v programu Excel, kde byly vytvořeny grafy a tabulky poměrů zrnitostního složení.



Obr. č. 14: Vzorky sedimentů z dna jezer

**T1**



**Šimek**



**Pithart**



Zdroj: fotoarchiv autora

## 6.4 Zpracování dat z čidel automatických hladinoměů

Automatické hladinoměry se nacházejí na třech jezerech Základny a také v profilu řeky. Jedná se o jezera T1, Šimek a Pithart. Pithartova tůň leží mezi Šimkovou tůň a Lužnicí, v její těsné blízkosti, od Šimkovy tůně je oddělena mírným prahem, na kterém roste již zmíněný dub. Všechny hladinoměry pracují na principu měření hydrostatického tlaku. Hladinoměry v toku a na jezerech Šimek a Pithart jsou značky Fiedler Mágr, hladinoměr na jezeru T1 je značky Solinst. Hladinoměry Fiedler jsou nastaveny tak, že měří hladinu v desetiminutových intervalech a každý den v 7 hodin ráno odesílají naměřená data do internetového úložiště. Zde jsou data zpětně dostupná až k počátku měření. Data z hladinoměru v jezeru T1 je možné stahovat pouze připojením počítače přímo k čidlu. Tento hladinoměr měří v intervalu 30 minut. Hladinoměry v řece a v Pithartově tůni měří od roku 2009 a na Šimkově tůni až od roku 2014, za toto období jsou data dostupná. Data z hladinoměru v tůni T1 jsou dostupná pouze za rok 2016.

Zpracování samotných dat bylo prováděno v programu Microsoft Excel. Data z hladinoměů Fiedler bylo možné stáhnout z internetového úložiště již jako denní průměry, což u dat z druhého typu hladinoměru nebylo možné a bylo tak nutné data na denní průměry převést. Dále bylo nutné u všech jezer a řeky zjistit nadmořskou výšku nulové hladiny, od které hladinoměry měří. To bylo zjištěno z dat získaných při batymetrickém mapování. Poté byly jednotlivé hladiny převedeny na nadmořské výšky a bylo tak možné mezi sebou porovnat jejich kolísání.

## 7 Výsledky

### 7.1 Batymetrické mapování

Opakované měření proběhlo na vybraných tůních T1, Šimek, Nová a Malá. Základní morfometrické charakteristiky jsou uvedeny v tabulce č. 5. Výpočty všech hodnot z měření byly provedeny na základě nadmořské výšky hladiny, kterou zaměřila ve své práci Hastíková (2012). Tyto hodnoty pochází z roku 2010. Většina tůní zaznamenala od minulého měření zmenšení velikosti plochy, objemu i délky a šířky. Pouze dvě tůně se mírně zvětšily od měření prvního. Tůň T1 se od posledního měření mírně zmenšila ve většině parametrů. Změna je však výrazně menší než mezi prvním a druhým měřením. Došlo však k prohloubení tůně a tím i ke zvětšení průměrného sklonu dna a relativní hloubky. Mírný nárůst stupně břehové členitosti znamená větší odchylku od kruhového tvaru tůně. Podobné změny lze pozorovat i u Šimkovy tůně. Největší změna nastala u objemu, který se zmenšil téměř o 30 %. Na rozdíl od první tůně poklesla i maximální hloubka, stále však byla větší než hodnota z prvního měření. U tůně Nová došlo k nárůstu plochy, délky i šířky. Naopak objem a maximální hloubka poklesly. Ke zmenšení došlo také u hodnoty stupně břehové členitosti z hodnoty 1,16 na 1,08, tvar tůně se nyní tak trochu víc blíží tvaru kruhu. U tůně Malá došlo, jako u jediné tůně, ke zmenšení všech parametrů. Objem poklesl nejvíce ze všech tůní, přibližně o 40 %. Tato tůň však zaznamenala rapidní zvětšení mezi roky 2010 a 2014, což lze připsat působení povodně v roce 2013, z důvodu výskytu této tůně v kanálu, kterým voda při rozlivu proudí. U této tůně bylo provedeno měření na jaře 2018 po březnovém rozlivu. Je zde opět vidět mírné zmenšení tůně, které odpovídá předchozímu vývoji. K nárůstu došlo u stupně břehové členitosti, což znamená že se tvar tůně více odchyluje od kruhového tvaru.

Pro porovnání změn byla vytvořena další tabulka se stejnými charakteristikami, avšak hodnoty byly vypočítány na nadmořské výšce hladin z prvního měření Hastíkové z roku 2009 (tab. č. 6). U tůně T1 lze pozorovat velmi podobné změny jako v tabulce s hodnotami z roku 2010. Konkrétně, že se tůň zmenšuje a to jak plochou tak i objemem. Pokles hodnot je vidět i u dalších parametrů. Nárůst je vidět pouze u maximální a relativní hloubky a u průměrného sklonu dna. Šimkova tůň se podle této tabulky zmenšovala, podobně jako tůň T1, avšak v porovnání s první tabulkou se změny shodují pouze částečně. Z hodnot vyplývá, že mezi lety 2009 a 2010 se tůň musela zmenšit a poté při povodni

v roce 2013 zase její objem i plocha narostly, avšak ne natolik, aby dosáhly hodnot z roku 2009. Tůň Nová vykazuje z obou tabulek podobný charakter změn. Mezi lety 2009 a 2014 došlo k poklesu objemu i plochy tůně a většiny hodnot ostatních charakteristik. Do roku 2017 však naopak došlo k nárůstu většiny sledovaných hodnot, výjimku však tvoří maximální i relativní hloubka a průměrný sklon dna. Tyto změny naznačují, že povodeň v roce 2013 přinesla do této tůně více sedimentu, než vyplavila. Nárůst hodnot v následujících letech byl nejspíše způsoben menšími rozlivy, které nepřinesly zdaleka tolik sedimentu a jejich erozní schopnost se projevila v úrovních bližších hladině než dna. Změny tůně Malá jsou podle této tabulky značné. Od roku 2009 zde došlo k více než trojnásobnému zvětšení plochy a téměř desetinásobnému zvětšení objemu, narostla také maximální a průměrná hloubka. Pozorované změny v první tabulce nejsou takto zásadní, avšak jednoznačně ukazují na zvětšení po povodni 2013. Rozdíly mezi tabulkami jsou způsobeny převážně rozdílnou nadmořskou výškou hladiny při měření, která u této tůně dosahuje rozdílu přibližně 40 cm. Vývoj Malé tůně však odpovídá jejímu umístění v kanálu vytvořeném prouděním při rozlivech. Změny hodnot dokládají značné rozšiřování koryta ve vyšších úrovních a mírné zanášení v úrovních nižších a u dna.



Tab. č. 5 a 6: Morfometrické charakteristiky sledovaných jezer

Název (rok měření)	Nadmořská výška	Plocha (m <sup>2</sup> )	Objem (m <sup>3</sup> )	Obvod (m)	Délka (m)	Max. šířka (m)	Průměrná šířka (m)	Stupeň členitosti břehové linie	Max. hloubka (m)	Průměrná hloubka (m)	Hloubkový koeficient	Relativní hloubka (%)	Průměrný sklon dna
T1 (2017)	458,56	119,83	132,69	41,49	15,69	9,64	7,64	1,07	2,36	1,11	0,47	19,07	22°11'
T1 (2014)	458,56	128,72	144,15	43,71	15,74	11,43	9,16	1,03	2,26	1,33	0,59	16,68	18°55'
T1 (2010)	458,56	171,00	199,67	47,38	16,23	13,06	10,54	1,02	2,05	1,17	0,57	13,89	15°51'
Šimek (2017)	458,60	222,10	187,97	59,86	25,19	12,54	8,82	1,13	1,82	1,18	0,65	10,82	13°46'
Šimek (2014)	458,60	256,84	261,06	62,81	25,76	13,52	9,97	1,11	1,93	1,02	0,53	10,67	13°16'
Šimek (2010)	458,60	254,31	224,31	63,96	26,53	13,68	9,59	1,13	1,76	0,88	0,50	9,78	12°28'
Nová (2017)	458,69	196,93	195,03	53,82	19,37	16,48	10,17	1,08	2,33	0,99	0,43	14,70	18°39'
Nová (2014)	458,69	171,67	202,04	53,87	17,63	14,12	9,74	1,16	2,45	1,18	0,48	16,57	21°05'
Nová (2010)	458,69	185,86	168,76	54,11	19,02	16,50	9,77	1,12	1,97	0,91	0,46	12,81	16°01'
Malá (2018)	458,75	16,30	3,06	17,35	7,45	2,81	2,19	1,21	0,45	0,19	0,42	9,88	13°28'
Malá (2017)	458,75	18,14	3,52	17,81	7,55	2,88	2,40	1,18	0,46	0,19	0,42	9,57	14°43'
Malá (2014)	458,75	20,63	5,47	19,37	8,23	3,09	2,51	1,20	0,54	0,27	0,49	10,54	14°13'
Malá (2010)	458,75	12,54	1,57	16,64	7,26	2,40	1,73	1,33	0,33	0,13	0,38	8,26	12°21'
Název (rok měření)	Nadmořská výška	Plocha (m <sup>2</sup> )	Objem (m <sup>3</sup> )	Obvod (m)	Délka (m)	Max. šířka (m)	Průměrná šířka (m)	Stupeň členitosti břehové linie	Max. hloubka (m)	Průměrná hloubka (m)	Hloubkový koeficient	Relativní hloubka (%)	Průměrný sklon dna
T1 (2017)	457,46	70,77	39,21	31,94	11,54	8,12	6,13	1,07	1,26	0,55	0,44	13,22	15°48'
T1 (2014)	457,46	87,25	48,37	35,71	12,02	9,85	7,26	1,08	1,16	0,55	0,48	11,01	13°21'
T1 (2009)	457,46	110,61	62,19	39,56	12,74	11,84	8,68	1,06	1,03	0,56	0,55	8,68	10°12'
Šimek (2017)	458,91	254,40	247,68	61,27	25,94	13,41	9,81	1,08	2,13	0,97	0,46	11,83	14°23'
Šimek (2014)	458,91	302,71	314,45	67,48	27,03	14,87	11,20	1,09	2,24	1,04	0,46	11,41	14°01'
Šimek (2009)	458,91	364,24	408,00	79,34	28,58	17,24	12,74	1,17	2,29	1,12	0,49	10,63	14°02'
Nová (2017)	459,21	249,11	292,13	59,43	21,26	18,58	11,72	1,06	2,85	1,17	0,48	15,99	18°46'
Nová (2014)	459,21	211,57	288,34	57,12	20,91	17,22	10,12	1,11	2,97	1,36	0,46	18,10	21°51'
Nová (2009)	459,21	260,74	396,03	66,77	21,46	17,90	12,15	1,17	3,23	1,52	0,47	17,73	22°17'
Malá (2017)	459,17	63,93	31,72	38,56	16,49	5,35	3,88	1,36	0,88	0,50	0,56	9,75	14°52'
Malá (2014)	459,17	38,72	11,20	27,15	13,21	3,63	2,93	1,23	0,96	0,29	0,30	13,67	18°36'
Malá (2009)	459,17	18,95	3,87	19,83	7,69	2,55	2,46	1,29	0,36	0,20	0,57	7,33	10°45'

Zdroj: Hastíková (2009, 2012), vlastní zpracování dat

## 7.2 Batymetrické křivky

Pomocí batymetrických křivek lze porovnat profil dna jednotlivých tůň a jeho změny v průběhu pozorování.

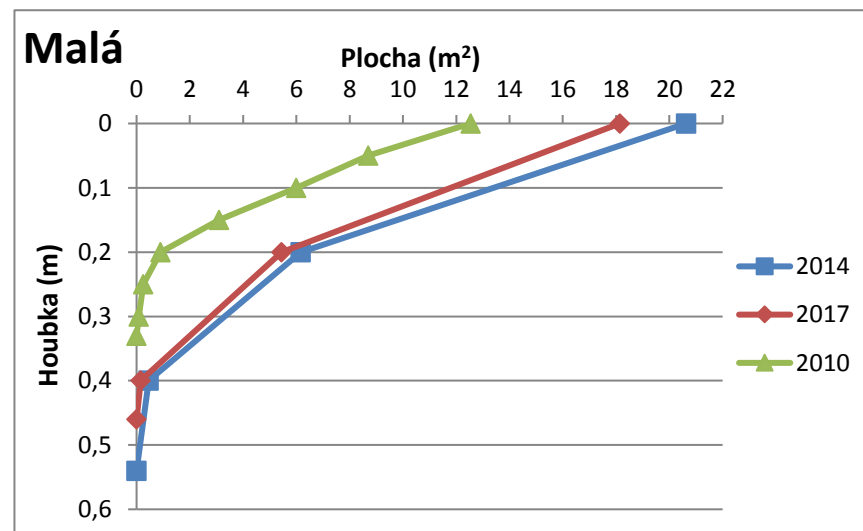
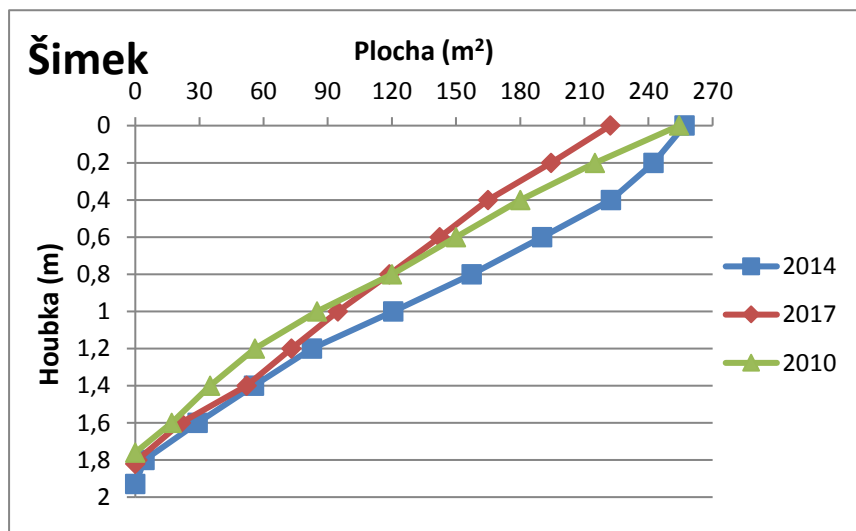
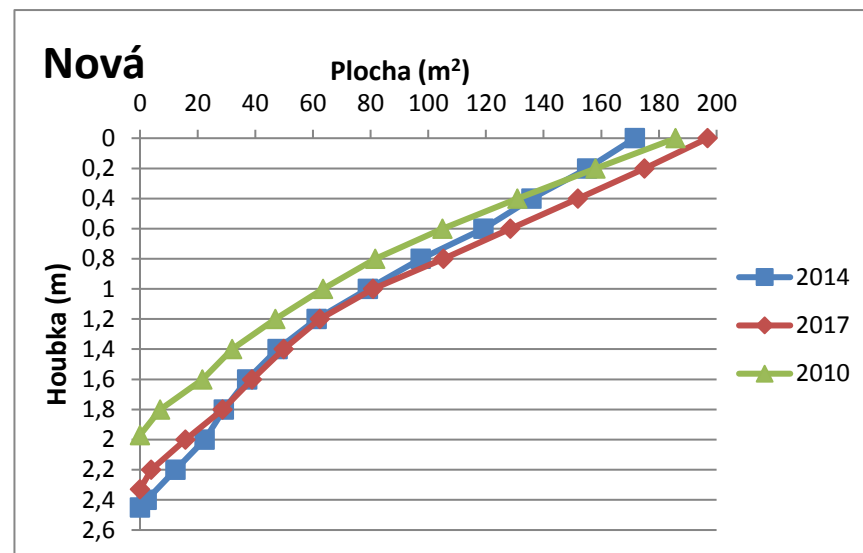
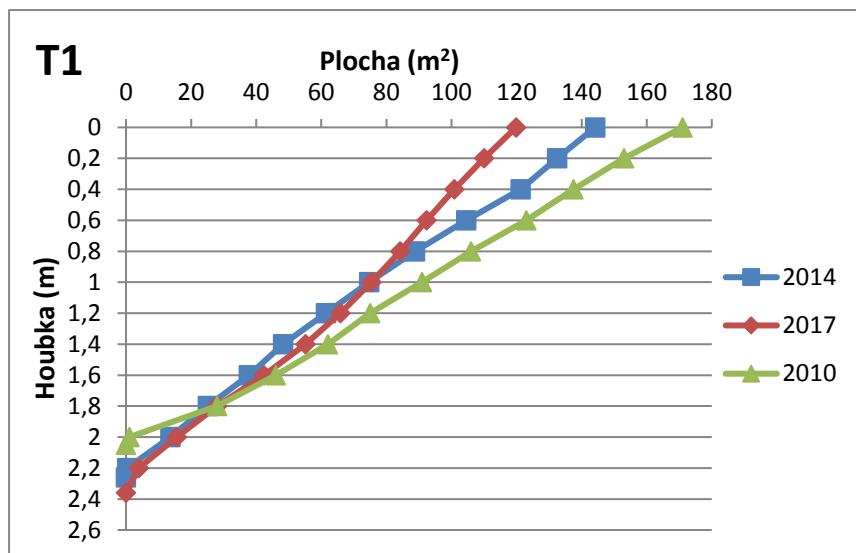
U tůně T1 (graf č. 2) lze pozorovat změny převážně ve středních hloubkách. Od prvního měření do roku 2014 je vidět nárůst množství materiálu v těchto místech, tedy v hloubce mezi 0,8 až 1,8 metru. V téměř stejném rozmezí poté opět došlo k úbytku a tůň měla při posledním měření v těchto hloubkách dno strmější. Mezi měřeními docházelo také k prohlubování tůně a odnosu materiálu z nejhlubších částí. Naopak při hladině tůně je pozorovatelný nános materiálu a celkově tak zmenšení vodní plochy.

Profil dna tůně Nová (graf č. 3) neprošel výraznými změnami. K největším změnám došlo při hladině, kde se do roku 2014 materiál spíše usazoval, a docházelo ke zmenšování plochy. Mezi druhým a třetím měřením se plocha tůně opět navýšila, došlo však k mírnému zanesení nehlubšího místa a tedy poklesu maximální hloubky.

Naopak Šimkova tůň prošla velkými změnami. Z grafu č. 4 lze velice dobře vidět, jak se mezi lety 2010 a 2014 změnila plocha v celém profilu dna. V tomto období došlo k výraznému odnosu materiálu. Největší změna nastala při hladině tůně, jejíž plocha zůstala téměř stejná. Hned pod hladinou však výrazně narostla strmost dna, která se zmírnila v hloubce kolem 0,5 m. K odnosu materiálu došlo také v nehlubší části tůně, kde došlo k prohloubení přibližně o 20 cm. Vývoj do roku 2017 pro tuto tůň znamenal zanášení sedimentem. Celková plocha hladiny výrazně poklesla. Došlo také ke značnému zmírnění sklonu dna u hladiny, celkový sklon však mírně narostl. K zanesení materiálem došlo také v největší hloubce, která se tak zmenšila téměř na úroveň z prvního měření.

Rozdíly v profilu dna u tůně Malá (graf č. 5) jsou mírné. Došlo zde sice ke značnému nárůstu plochy i maximální hloubky, avšak průběh zůstal podobný. Pro všechna měření je typický mírný sklon dna v první polovině hloubky tůně a poté velmi prudký pokles do maximální hloubky. Lze zde pozorovat rapidní zvětšení tůně mezi prvním a druhým měřením a mírné zanesení sedimentem v období do třetího pozorování.

Grafy č. 2-5: Batymetrické křivky tůní T1, Nová, Šimkova a Malá z let 2010, 2014 a 2017

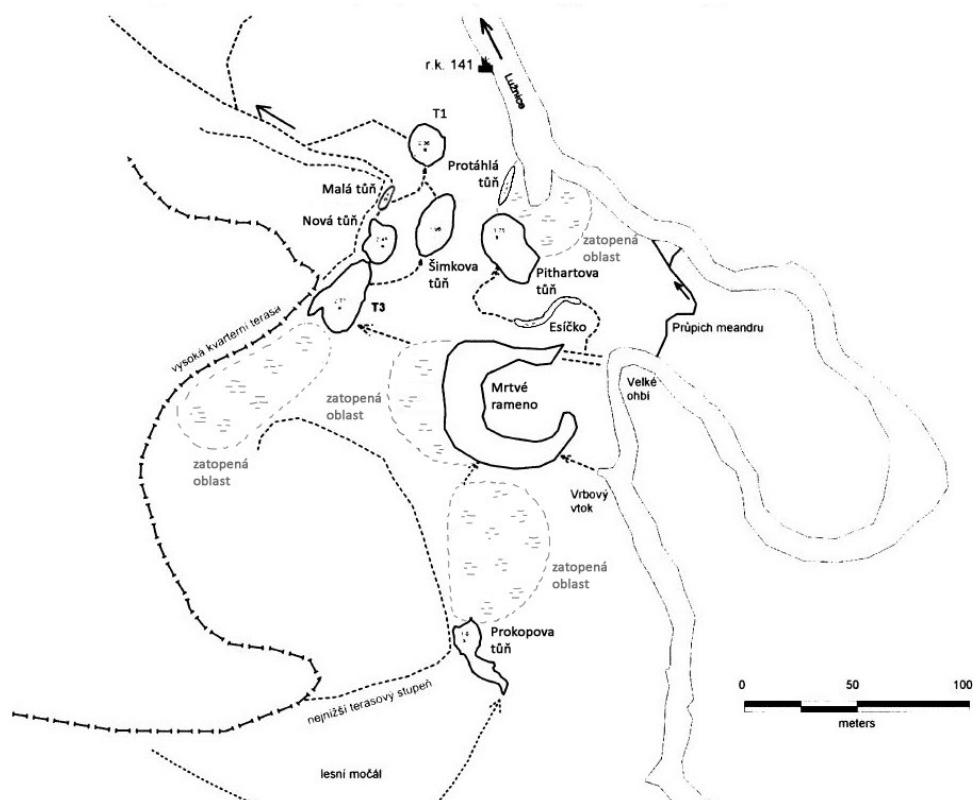


Zdroj: vlastní zpracování dat, Hastíková (2012)

### 7.3 Proudění v nivě Lužnice

Na základě schématu (obr. č. 13) z práce Šimka (2008), jsem postupoval při měření proudění během rozlivu v březnu 2018. Od doby jeho pozorování v roce 2008 zde však nastalo několik změn v proudění při rozlivu, jak je vidět na obrázku č. 15. Největší změny nastaly právě v mnou sledované části Základny. Mezi tůňmi Nová a T1 vznikla tůň označovaná jako Malá. Tato periodická tůň zde vznikla v kanálu vyhloubeném prouděním z tůně Nová. O tůni v tomto místě se poprvé zmiňuje Hastíková (2009), která ji také batymetricky zaměřila. Šimek (2008), však ve své práci uvádí, že se v tomto korytě již nová tůň začíná vyhlubovat. Pravděpodobně kvůli vzniku Malé tůně nastaly změny v proudění směrem k T1, kdy se část proudění vychýlila směrem podél nejnižšího stupně terasy a část přetéká přibližně z poloviny délky Malé tůně směrem k tůni T1, kde se setkává s prouděním z Šimkovy tůně. V oblasti vznikly také další dvě periodické tůně. Severně od Pithartovy tůně, hned u břehu řeky vznikla tůň Protáhlá, která při vyšších hladinách bývá s řekou spojena. Také v kanálu mezi Pithartovou tůní a Mrtvým ramenem vznikla tůň, která nese označení Esičko, její vznik je podobný jako u tůně Malá. Tedy, že vznikla prohloubením

Obr. č. 15: Schéma proudění při rozlivu 2018



Zdroj: vlastní zpracování dat na základě Šimka (2008)

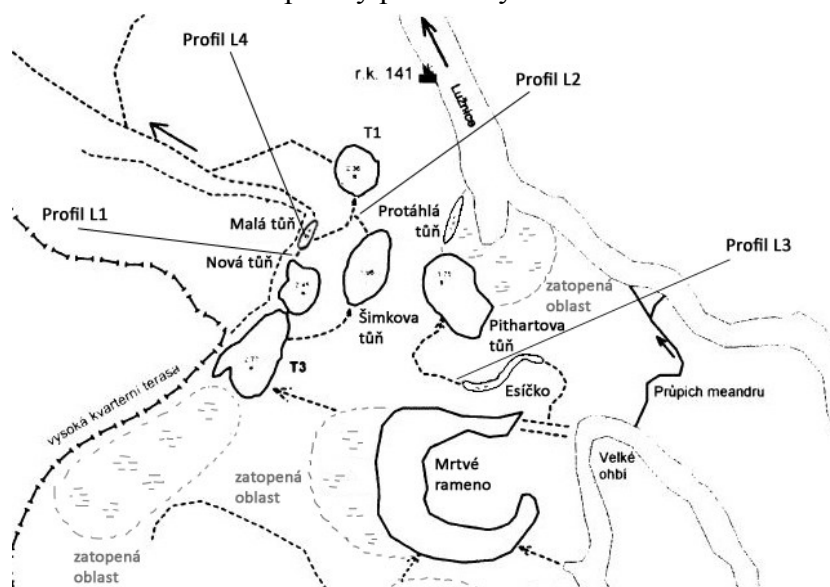


kanálu, kterým protéká voda při vyšších vodních stavech. Obě tyto tůň byly poprvé zaměřeny Hastíkovou (2009).

K mírnému rozlivu zde došlo při rychlé oblevě, která nastala kolem 6. 3. z důvodu prudkého nárůstu teplot. Voda z horní části povodí sem dorazila postupně během následujících 7 dnů, ke kulminaci průtoku došlo 13.3. Poté začala voda postupně opadávat až k hodnotám podobným jako v období na začátku března. Během rozlivu zde došlo k nárůstu výšek hladin přibližně o 1 metr, průtok Lužnice vzrostl na  $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$  z původních  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$  před začátkem růstu hladiny. Voda v nivě však nedosáhla ani okraje nejnižšího terasovitého stupně. Měření probíhalo 14. 3., kdy se hladina řeky stále držela téměř maxima z předchozího dne.

Výběr měřených profilů při rozlivu v nivě byl značně omezený terénními specifikacemi, vegetací a samostatným rozlivem (obr. č. 16). Pouze jeden z vhodných profilů (profil L3) se nacházel před částí nivy, kde se nachází mnou sledovaná jezera a to v oblasti mezi Mrtvým ramenem a Pithartovou tůň. V této části se nachází mělké koryto, které je při rozlivech zaplněno vodou a dochází zde k výraznějšímu proudění, průtok zde dosahoval  $0,26 \text{ m}^3/\text{s}$ . Další dva profily jsem zaměřil v místech proudění mezi jezery. Jeden u výtoku z Šimkovy tůň (profil L2) a druhý (profil L1) na hranici mezi tůňmi Nová a Malá. Tyto dvě tůň se při zvýšených hladinách téměř spojují. Nejnižších hodnot proudění dosahoval profil mezi tůňmi Šimek a T1 a to hodnoty  $0,0092 \text{ m}^3/\text{s}$ . U výtoku z tůň Nová dosahovalo proudění průtoku  $0,032 \text{ m}^3/\text{s}$ . Poslední vybraný profil (L4) se nachází ve středu

Obr. č. 16: Měřené profily při rozlivy 2018



Zdroj: vlastní zpracování dat na základě Šimka (2008)

tůň Malá. Zde dosahoval průtok hodnoty  $0,054 \text{ m}^3/\text{s}$ . Proudění se zde rozděluje na dva slabší proudy, jak bylo popsáno výše.

Prostor nivy mezi jednotlivými jezery je prouděním při rozlivu značně ovlivňován. Tento vliv je zde patrný na první pohled i v období nižších vodních stavů. V místech proudění lze pozorovat naplavené sedimenty zachycené o překážky, například o kořeny (obr. č. 17-19). Mezi jednotlivými jezery jsou vidět kanály, které vznikají prouděním za rozlivů a jsou jím dále prohlubovány. V největších kanálech se nachází tůň Malá a Esíčko. Kanály mezi tůňmi Malá, T1 a Šimkova se značně zvětšily mezi lety 2009 a 2017, je tedy možné očekávat, že se zde vývoj bude podobat větším kanálům a vzniknou zde v budoucnu další tůně.

Obr. č. 17-19: Prouděním nanesené sedimenty

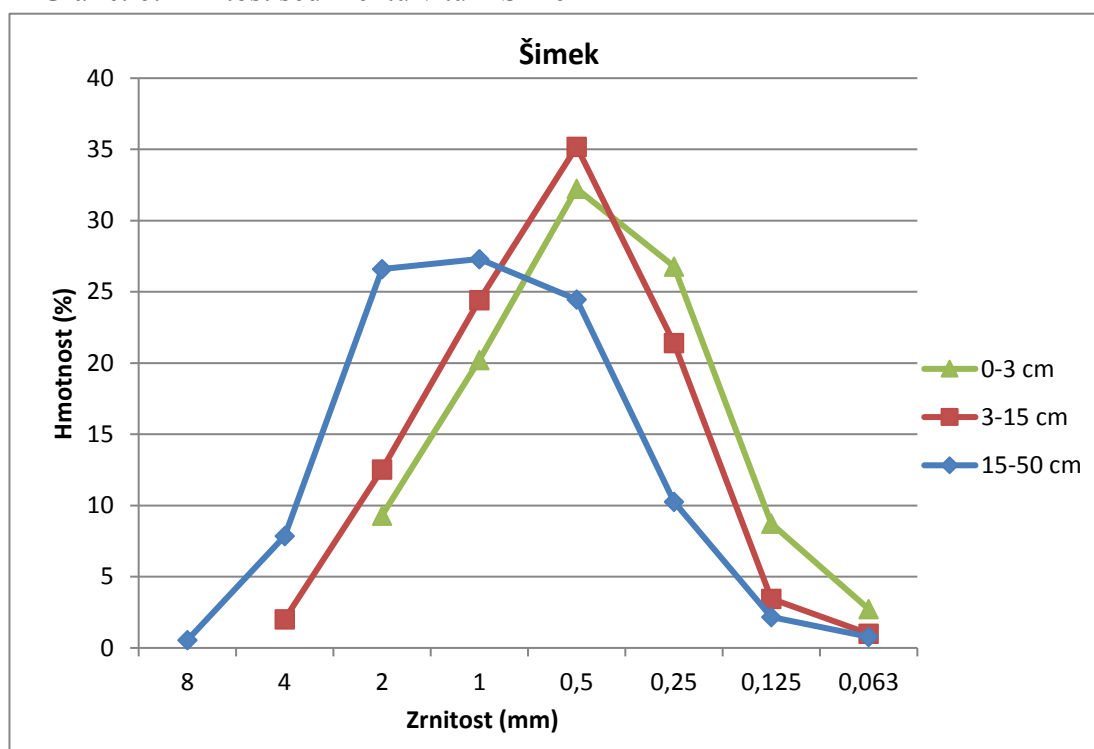


Zdroj: fotoarchiv autora

## 7.4 Sedimenty z jezer

Rozložení zrnitosti sedimentů v tůni Šimek lze vidět na grafu č. 6. Svrchní vrstva 0-3 cm má velice podobné rozložení jako vrstva následující, 3-15 cm. V obou těchto vrstvách převládají sedimenty o velikosti mezi 1 a 0,5 mm, v obou případech přesahuje podíl 30 % z celé vrstvy. Ve svrchní vrstvě pak mírně převládají i jemnější sedimenty a naopak zde chybí sediment o zrnitosti větší než 4 mm. Nejhlubší vrstva má největší procentuální podíl sedimentů od 0,5 do 4 mm. Tyto sedimenty tvoří dohromady 75 % této vrstvy. Jako jediná vrstva pak obsahuje i sedimenty nad 8 mm. Podíl materiálu jemnějšího než 0,25 mm je zde nejmenší.

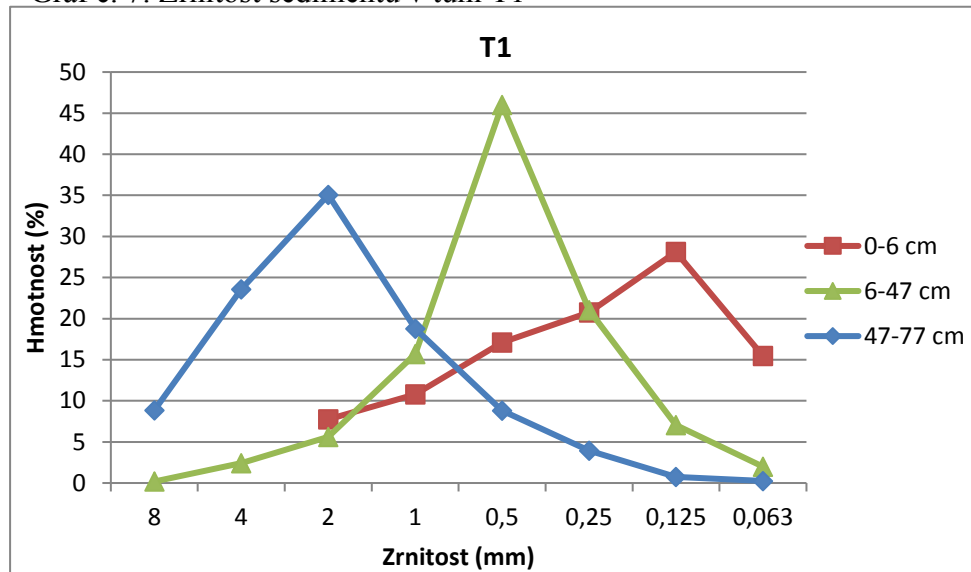
Graf č. 6: Zrnitost sedimentů v tůni Šimek



Zdroj: vlastní zpracování dat

Sedimenty v tůni T1 mají podobné rozložení zrnitosti jako v tůni Šimek (graf č. 7). Svrchní vrstva 0-6 cm obsahuje nejvíce jemného materiálu, více než 25 % tvoří sediment mezi 0,125 a 0,25 mm. Podíl hrubšího materiálu zde klesá až k 8 % u nejhrubší zrnitosti, v tomto případě 2-4 mm. Hrubší materiál tato vrstva neobsahuje. Druhá vrstva, 6-47 cm, obsahuje asi 45 % materiálu v rozmezí 0,5 a 1 mm. Ostatních zrnitostí poté obsahuje 20 % a méně. Obsah rovnoměrně klesá s rostoucí i klesající zrnitostí materiálu až téměř k 0 % u materiálu nad 8 mm. Poslední vrstva, 47-77 cm, je jednoznačně nejhrubší. Až 35 %

Graf č. 7: Zrnitost sedimentů v tůni T1

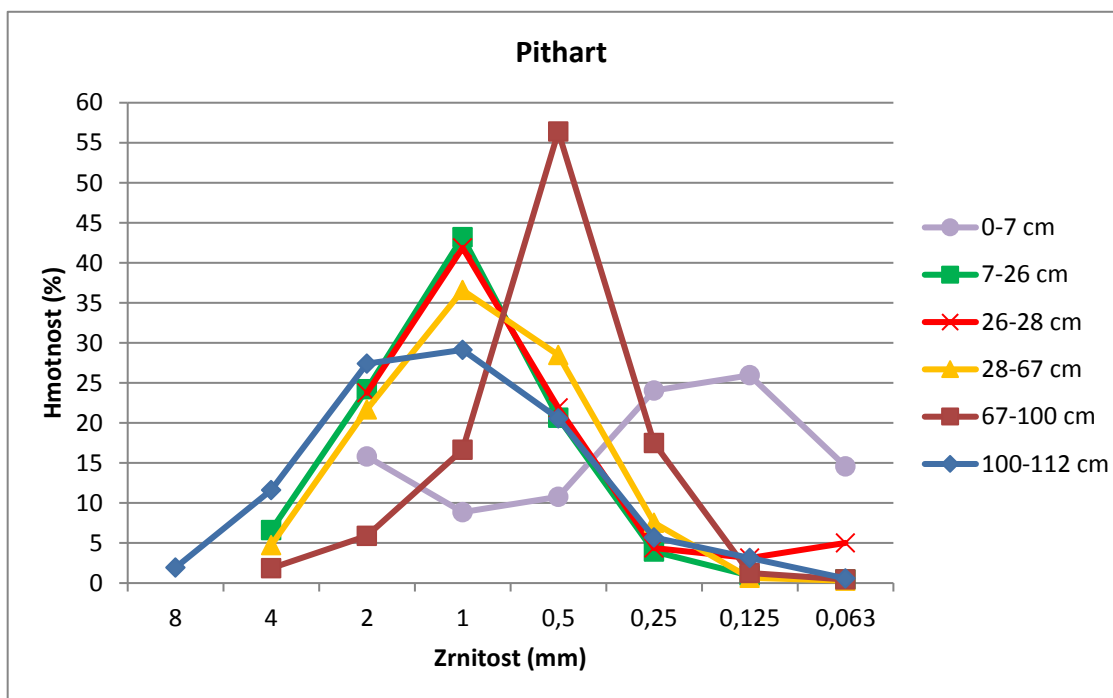


Zdroj: vlastní zpracování dat

hmotnosti tvoří materiál o zrnitosti 2-4 mm. V této vrstvě se také vyskytuje největší poměr materiálu většího než 1 mm. Zastoupení jemnějšího materiálu je pod 15 %.

Poslední vzorek sedimentů je z tůně Pithart (graf č. 8). První vrstva 0-7 cm obsahuje nejvíce jemného materiálu, na rozdíl od ostatních vrstev. Přibližně 50 % tvoří společně materiál o zrnitosti 0,125-0,5 mm, nejméně pak materiál o zrnitosti 1-2 mm, celkem méně než 10 %. Stejně jako v předchozích tůních, ani zde svrchní vrstva neobsahuje materiál větší než 4 mm. Další vrstvy mají podobné zastoupení zrnitostí. U většiny z nich tvoří

Graf č. 8: Zrnitost sedimentů v tůni Pithart

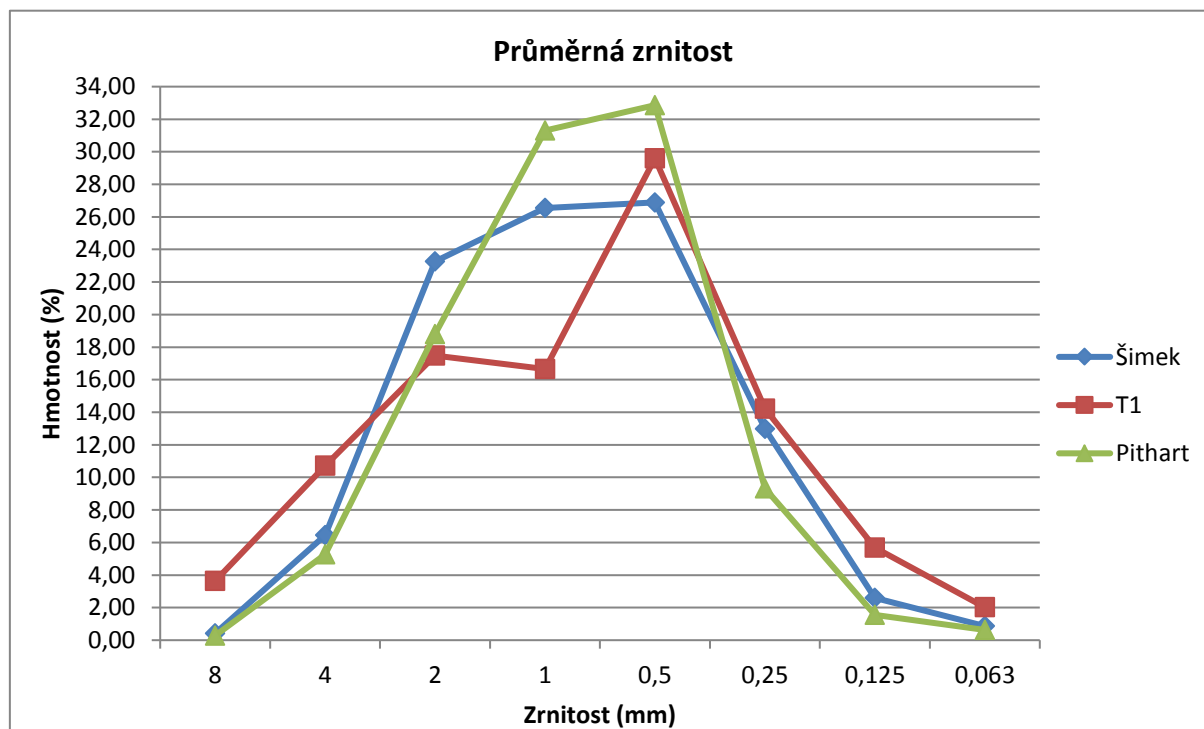


Zdroj: vlastní zpracování dat

největší část hmotnosti materiál o velikosti 1-2 mm, jeho zastoupení se pohybuje v rozmezí 25-45 %. Jedinou výjimkou je vrstva v hloubce 67-100 cm. Zde je materiál spíše jemnější, než v ostatních vrstvách. Více než 55 % hmotnosti zde tvoří materiál o zrnitosti 0,5-1 mm. Materiál o jiné zrnitosti je zde poté zastoupen méně než 20 %. Jediná vrstva, která obsahuje materiál větší než 8 mm, je nejhlubší vrstva 100-112 cm, jedná se však pouze o přibližně 2% zastoupení. Všechny vrstvy, kromě první, obsahují nejmenší poměr materiálu o zrnitosti 0,125 mm a menší.

Graf č. 9 zobrazuje porovnání zrnitostí v celé hloubce profilu všech měřených jezer. Je zde vidět, že zrnitost je ve všech případech podobná. Největší zastoupení má vždy materiál o velikosti 0,5-1 mm a to v rozmezí 26-33 %. Největší rozdíl je u materiálu 1-2 mm velkého, kdy v tůni T1 je zastoupen asi 17 %, v Šimkově tůni 26 % a v Pithartově tůni více než 30 %. Rozdíly u ostatních zrnitostí se pohybují v rozmezí 2-7 %. Ve všech tůních je nejmenší zastoupení materiálu většího než 8 mm, do 4 % a menšího než 0,125 mm, do 2 % hmotnosti.

Graf č. 9: Průměrná zrnitost sedimentů ve vybraných tůních



Zdroj: vlastní zpracování dat

## 7.5 Kolísání hladin vybraných jezer a řeky Lužnice

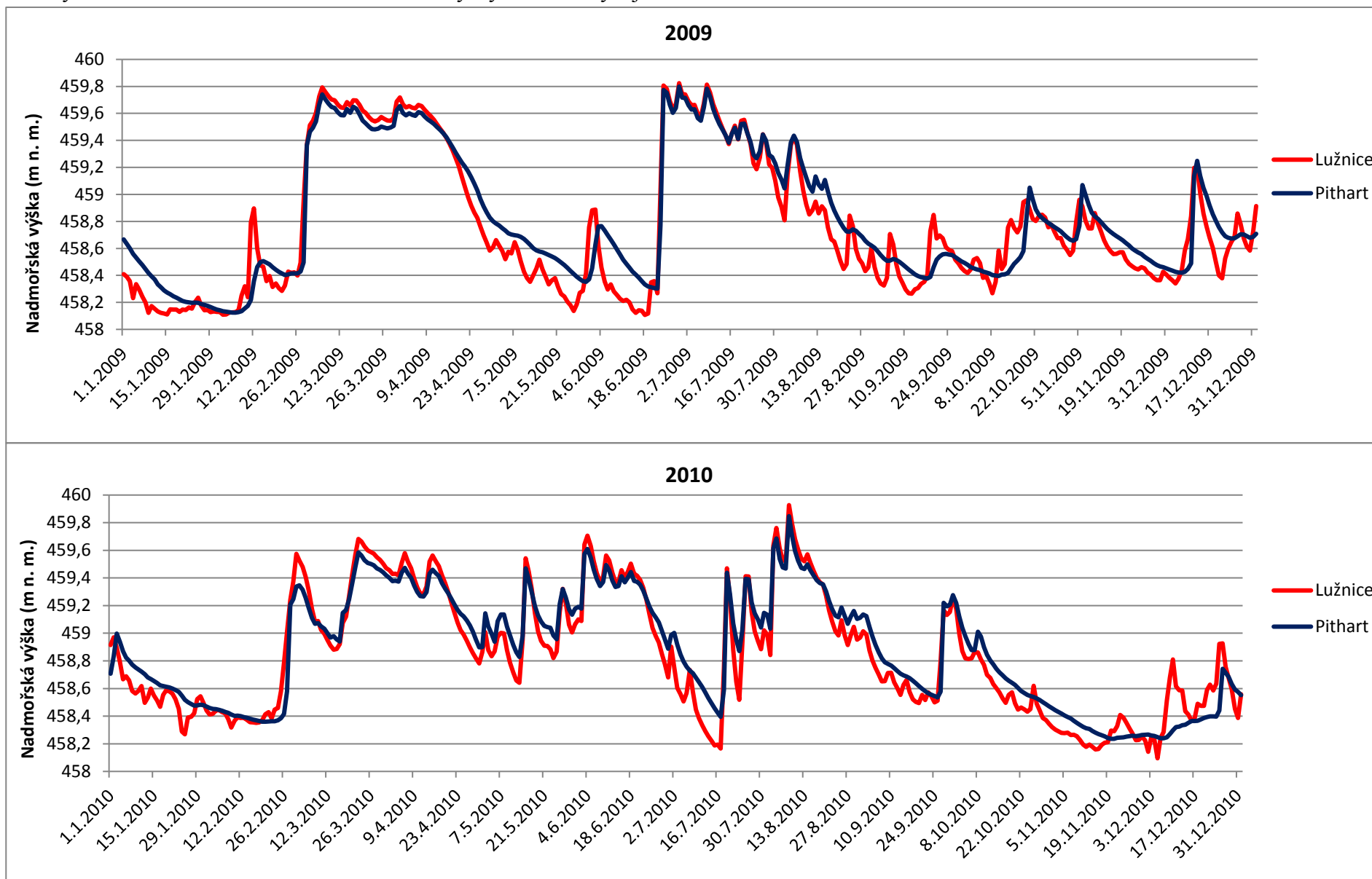
Výsledky v této kapitole se vztahují ke grafům číslo 10-19.

Z grafu měsíčních průměrů nadmořských výšek hladin za období 2009-2017 lze dobře vidět, že většinu času odpovídá nadmořská výška hladiny řeky hodnotě Pithartovy tůně. Zároveň lze také říct, že reakce Pithartovy tůně na nárůst vodního stavu je oproti Lužnici opožděn o jednotky dnů, což je dobře vidět na událostech v grafech z jednotlivých let. Pokles po rozlivech řeky je u Pithartovy tůně také ve většině případů pomalejší. Nadmořská hladina Šimkovy tůně se nachází většinou o 10-30 cm nad hladinami Pithartovy tůně a Lužnice, k jejich vyrovnání dochází pouze při výraznějších rozlivech, jako například v roce 2014 a 2015. Z grafu těchto let je také dobře vidět, že tůň Šimek reaguje na nárůst hladiny řeky s menšími výkyvy než Pithartova tůň. Větší rozdíly od hladiny Šimka a Pitharta s Lužnicí jsou způsobeny umístěním čidla v nadmořské výšce 458,313 m. Pokud tedy hladina poklesne pod tuto hodnotu dostane se čidlo na sucho, zobrazí se pouze hodnota 0 dokud hladina znovu nestoupne až nad čidlo. K tomu došlo během let několikrát, nejdelší trvání ve sledovaném období nastalo v roce 2015, kdy hladina tůně byla pod hodnotou 0 téměř nepřetržitě od 12. 7. do 20.11. Kratší období poklesu hladiny pod měřitelnou hodnotu, od konce srpna do začátku října, nastalo v roce 2016. V roce 2017 nastaly dvě takováto období, od poloviny června do konce července a od konce srpna do konce října. V tomto období je velice dobře vidět, jakým způsobem hladina Šimkovy tůně reaguje na nárůst hladin Lužnice a to tak, že pouze při větších a déle trvajících nárůstech se zvedá. Reakce hladiny Šimka však není zdaleka tak výrazná, jako reakce hladiny Pitharta.

Rok 2013 byl výjimečný svojí povodňovou událostí v červnu, která byla popsána výše. Z grafu roku 2013 je dobře vidět situace, která povodni předcházela. Konkrétně, že již od ledna zde byla výrazně vyšší hladina vody v řece i v Pithartovi, oproti normálnímu stavu z předchozích let, což dokládá graf měsíčních průměrů za celé období let 2009-2017. Dále také nástup povodně během začátku června 2013. Data z povodně však zaznamenaná nejsou, protože došlo k poničení hladinoměrů jak v řece, tak v Pitharově tůni. Měření bylo poté obnoveno až na konci října 2013.

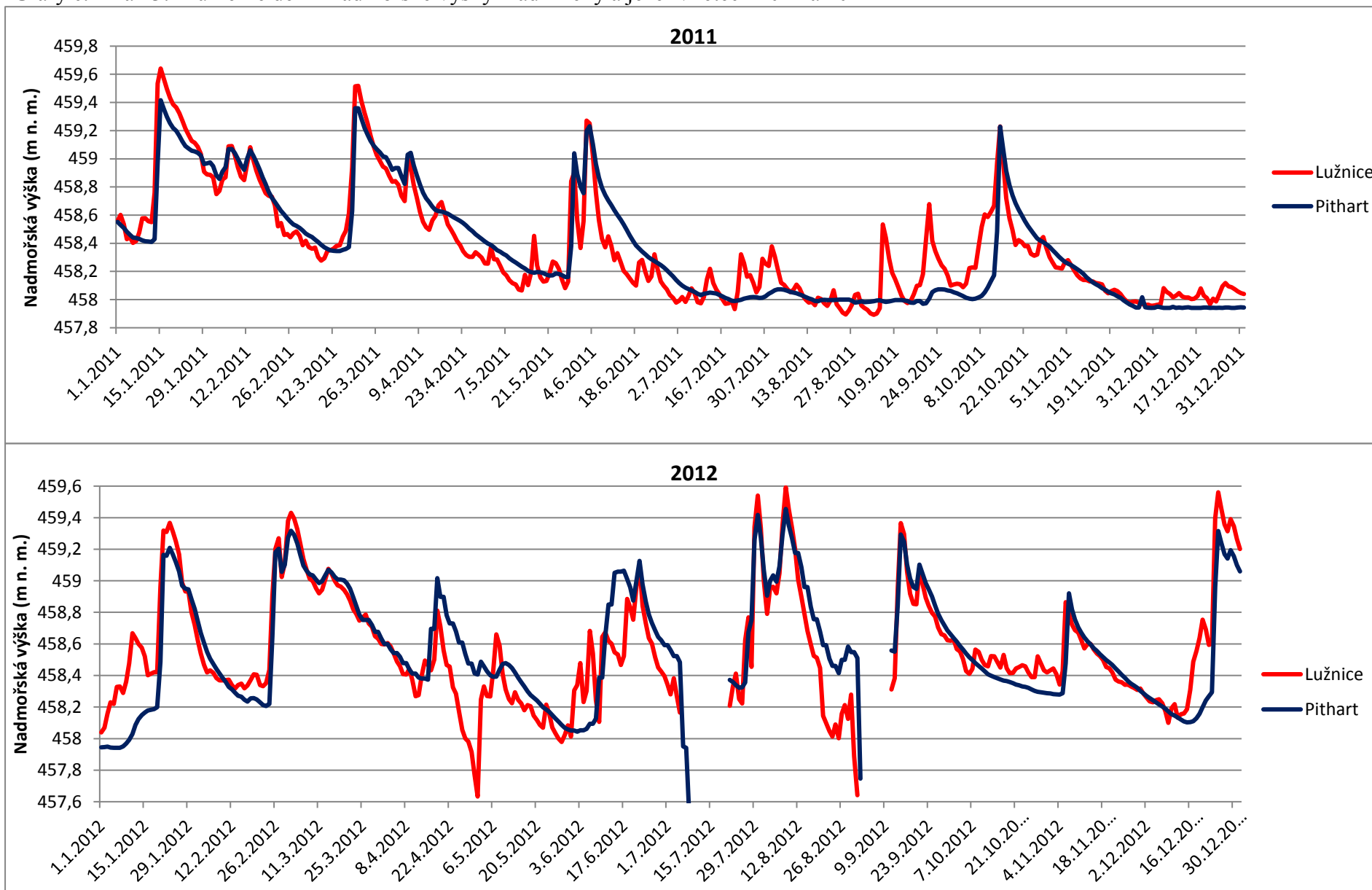


Grafy č. 10 a 11: Průměrné denní nadmořské výšky hladin řeky a jezer v letech 2009 a 2010



Zdroj: vlastní zpracování dat

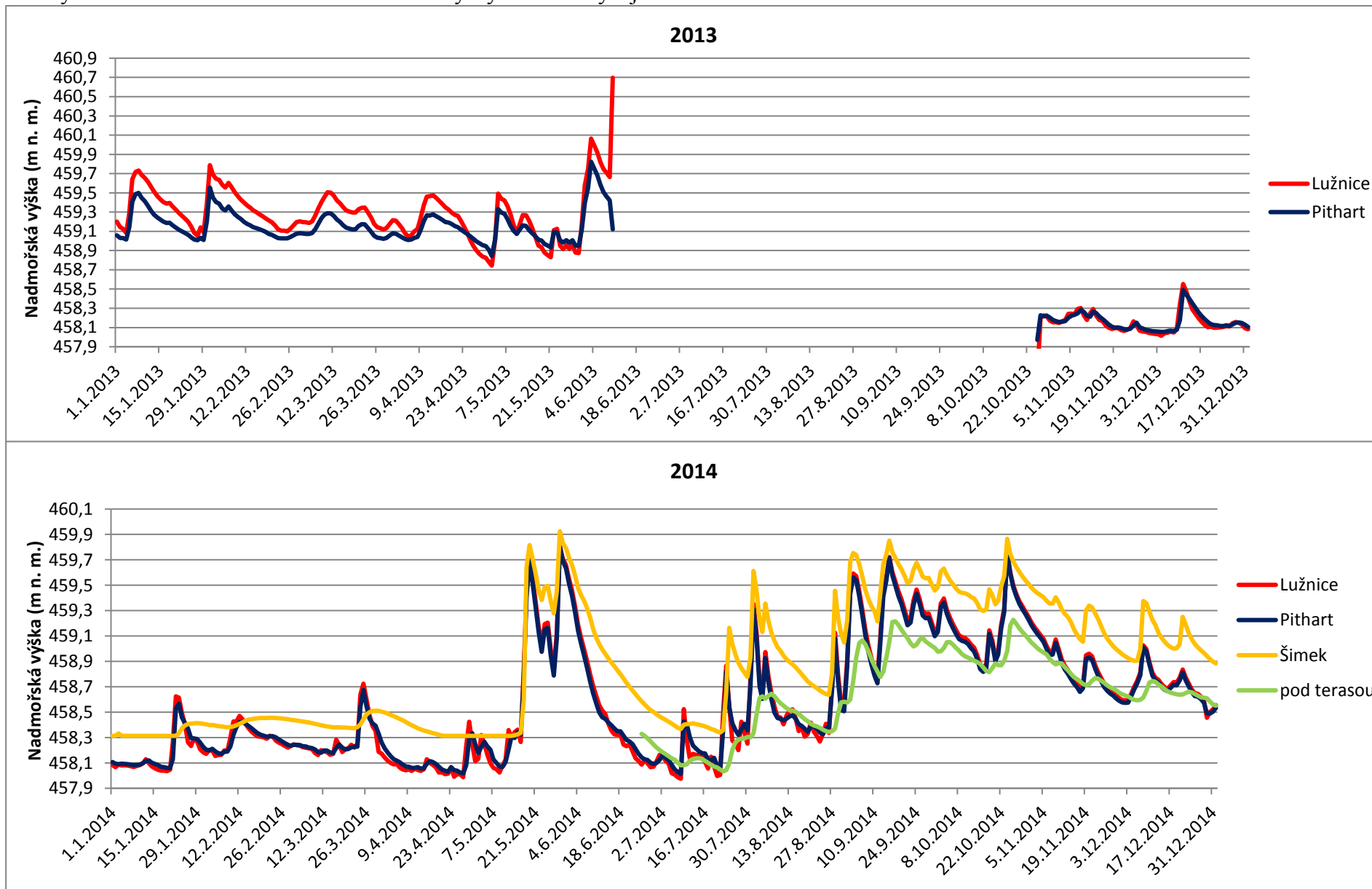
Grafy č. 12 a 13: Průměrné denní nadmořské výšky hladin řeky a jezer v letech 2011 a 2012



Zdroj: vlastní zpracování dat

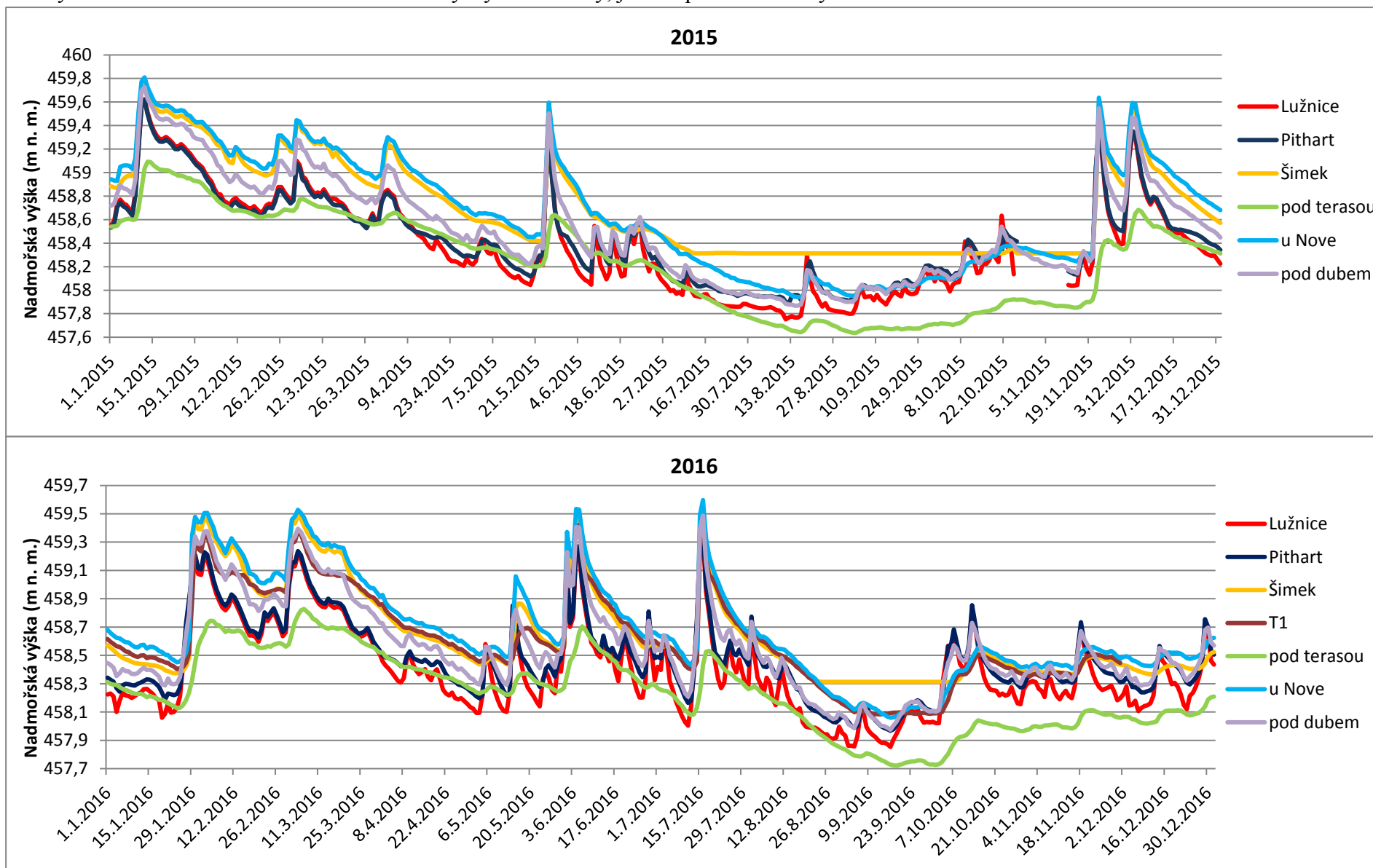


Grafy č. 14 a 15: Průměrné denní nadmořské výšky hladin řeky a jezer v letech 2013 a 2014



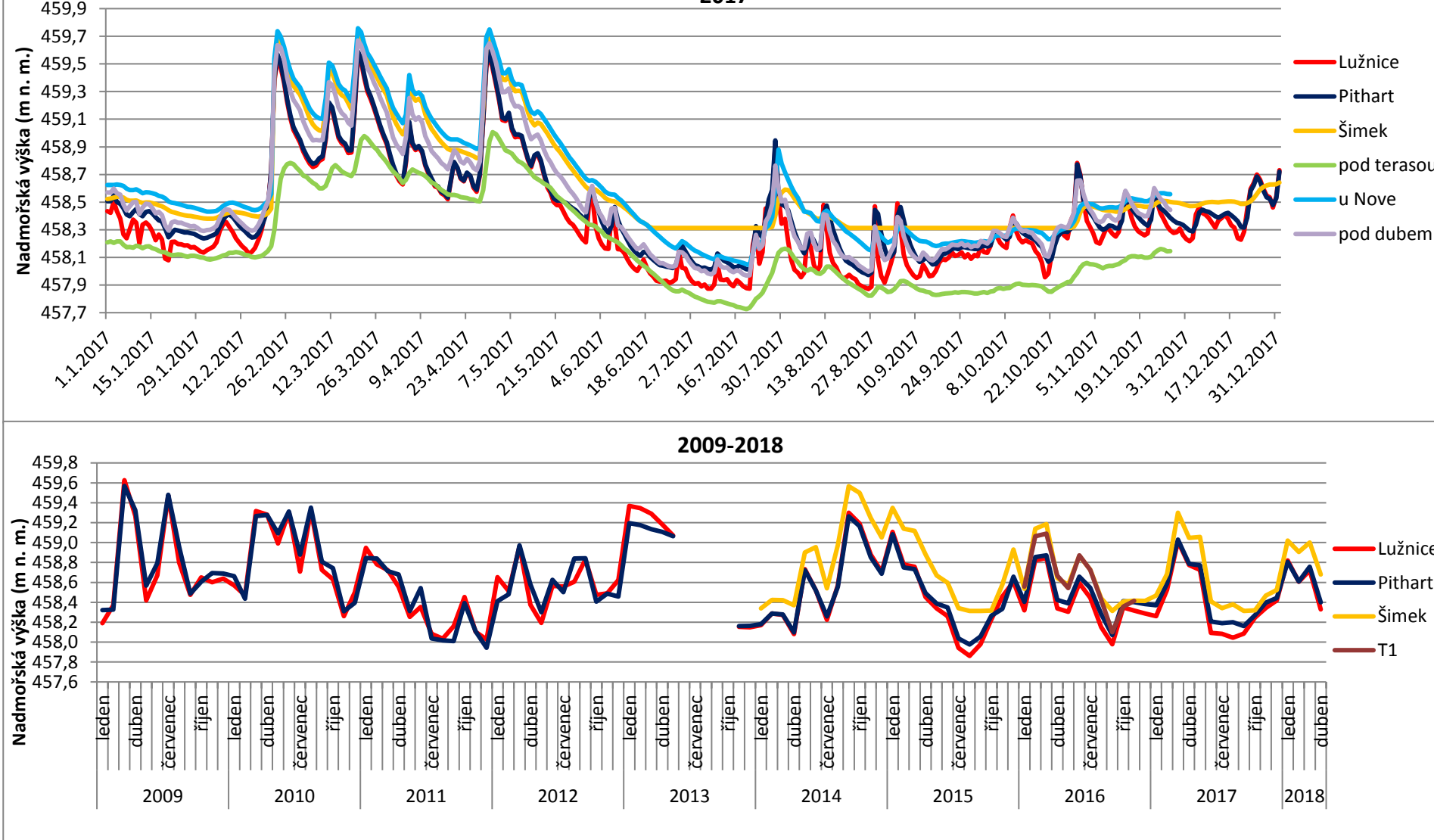
Zdroj: vlastní zpracování dat

Grafy č. 16 a 17: Průměrné denní nadmořské výšky hladin řeky, jezer a podzemní vody v letech 2015 a 2016



Zdroj: vlastní zpracování dat

	2017
--	------

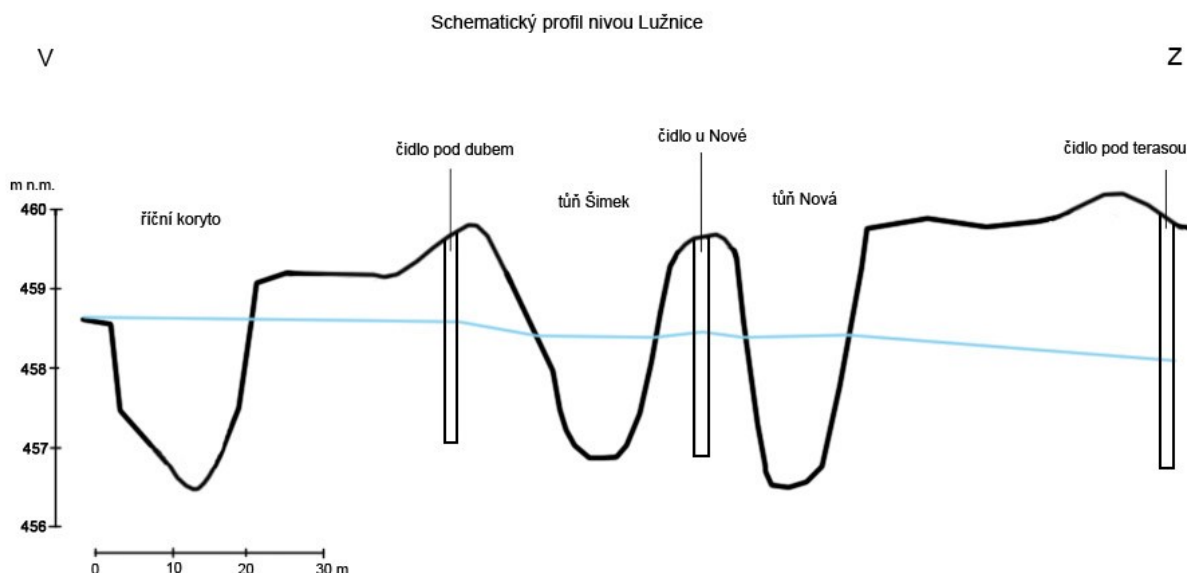


## 7.6 Hladina podzemní vody

V zájmové oblasti jsou umístěny 3 hladinoměry podzemní vody. První se nachází mezi tůňmi Šimek a Pithart, pod velkým dubem, druhý se nachází v těsné blízkosti tůně Nová a poslední je pod hlavní terasou, několik desítek metrů západním směrem od tůně Malá (obr. č. 20). Záznam kolísání hladin podzemí vody v období let 2015 až 2017 je zaznamenán v grafu č. 28 společně s kolísáním hladin jezer a řeky. Z grafu je vidět, že nejnižší je hladina podzemní vody nejdále od řeky, a to vždy 10-30 cm pod úrovní hladiny řeky. Nejvýše je poté v blízkosti tůně Nová, kde dosahuje až 60 cm nad úroveň hladiny řeky. Největší rozdíl v kolísání je vidět u nejbližšího čidla od řeky i jezer, u čidla pod terasou. Nárůst hladiny podzemní vody

Kolísání hladiny podzemní vody velmi dobře odpovídá kolísání hladiny vody v řece, což je velmi dobře patrné z grafu č. 20. Hladina podzemní vody reaguje na nárůst vody v Lužnici s mírným zpožděním, avšak v místech čidel pod dubem a u tůně Nová je reakce velmi podobná reakci blízkých jezer. Větší rozdíl v kolísání je vidět u nejbližšího čidla od řeky i jezer, u čidla pod terasou. Nárůst hladiny podzemní vody

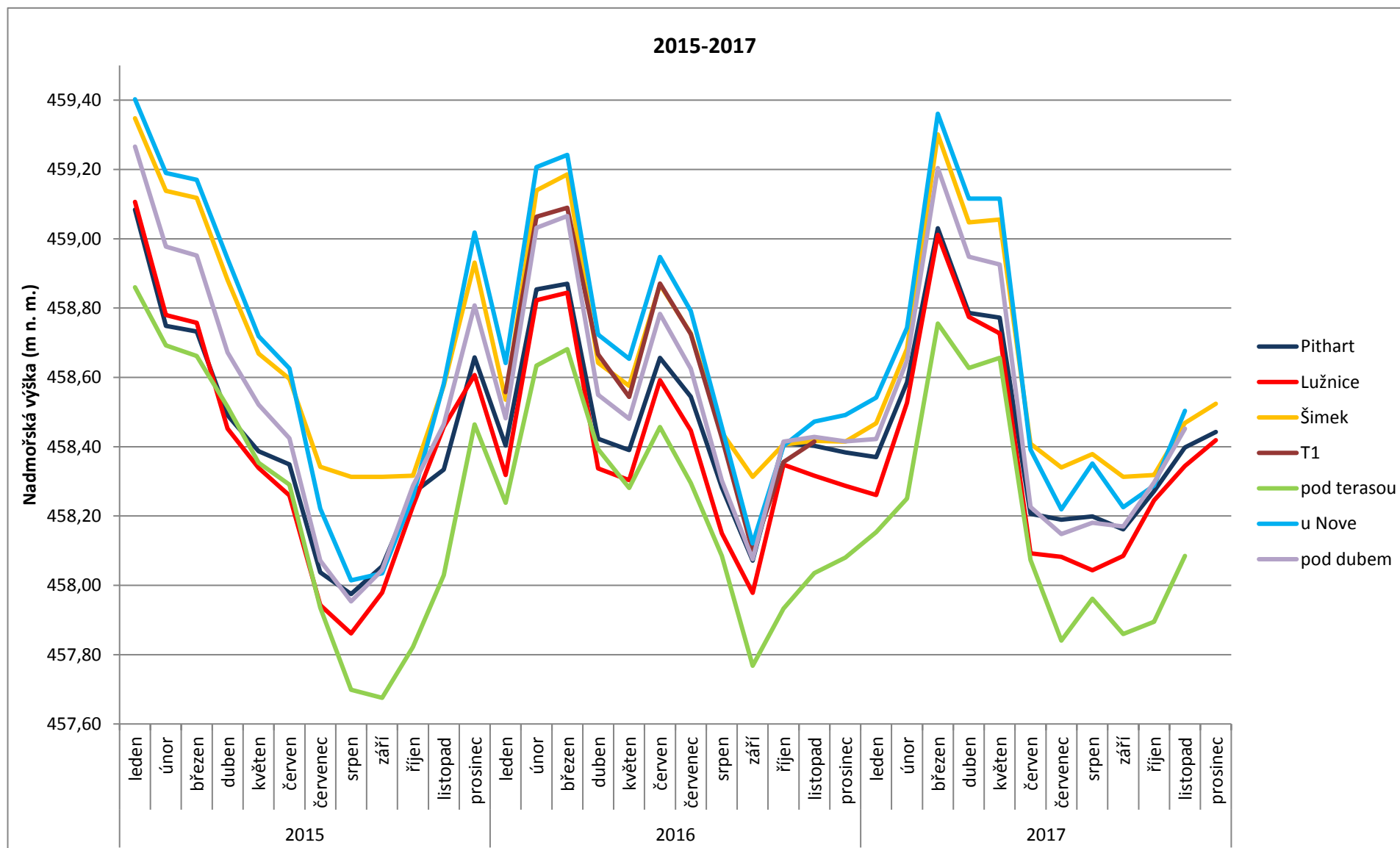
Obr. č. 20: Schematický profil nivy v oblasti Základny



Zdroj: vlastní zpracování dat

je značně omezen a dosažení maxima je zpožděno až o několik dnů. Poklesy jsou pak mírnější a pozvolnější, hladina řeky často poklesne až pod hladinu podzemní vody pod terasou, celková amplituda výkyvů je v tomto místě tedy nejmenší. Velice dobře patrné je to například na grafu hladin z roku 2016 (graf č. 17), kdy na přelomu zimního a jarního období výrazně vzrostly hladiny řeky, jezer i podzemní vody mezi jezery o více než 1 metr, avšak v místě čidla pod terasou došlo k nárůstu přibližně jen 0,6 m. Při déle trvajícím období nízkých vodních stavů je poté nárůst zpomalen ještě více, k čemuž došlo například v roce 2015 (graf č. 16). Tehdy hladiny řeky, jezer, i podzemní vody klesaly od konce června až do konce srpna a poté začaly opět růst, aby se dostaly na červnové hodnoty přibližně koncem října. Hladiny podzemní vody pod terasou se však na hodnoty z června dostaly až téměř o měsíc později, na konci listopadu.

Graf č. 20: Průměrná měsíční nadmořská výška hladin řeky, jezer a podzemní vody v období 2015-2017



Zdroj: vlastní zpracování dat

## 7.7 Přírozené rozlivy za sledované období

Data z automatických hladinoměrů byla také použita pro vyhodnocení rozlivů v nivě. Pomocí měrné křivky průtoku (graf č. 23) byly zjištěny průtoky při různých vodních stavech. Voda v nivě se začíná vylévat z koryta řeky již při průtoku 4,82 m<sup>3</sup>/s na profilu Základna, což odpovídá hladině řeky 2,2 m. Hodnoty byly rozděleny do 4 intervalů, nad hodnotu rozlivu, aby bylo možné porovnat intenzity rozlivů a dobu jejich trvání. V tabulkách č. 7 a 8 lze vidět počty rozlivů v jednotlivých letech a celkovou dobu jejich trvání podle intenzity. Výška hladiny značí překročenou hranici, tedy že rozliv dosáhl minimálně dané hodnoty, maximum rozlivu zaznamenáno není. Doba trvání vždy značí počet dnů, po který byl rozliv nad stanovenou hodnotou výšky hladiny. To znamená, že dny trvání rozlivu, který překročil hranici 2,2 m výšky hladiny, zahrnují i dny, kdy rozliv dosáhl vyšších hladin. Například v roce 2009 se vyskytlo celkem 5 rozlivů, jejichž společná doba trvání byla 115 dnů. Z těchto rozlivů dva dosáhly hladiny řeky 3 m v období 13 dnů, z celkových 115.

Tab. č. 7 a 8: Výskyt rozlivů v nivě Lužnice v období 2009-2018

	2009		2010		2011		2012		2013	
výška hladiny (m)	dny	rozlivy	dny	rozlivy	dny	rozlivy	dny	rozlivy	dny	rozlivy
2,2	115	5	164	9	47	7	68	6	156	2
2,4	95	3	102	5	22	4	33	5	130	2
2,7	79	2	63	4	8	2	6	3	44	2
3	13	2	4	2	0	0	0	0	11	2

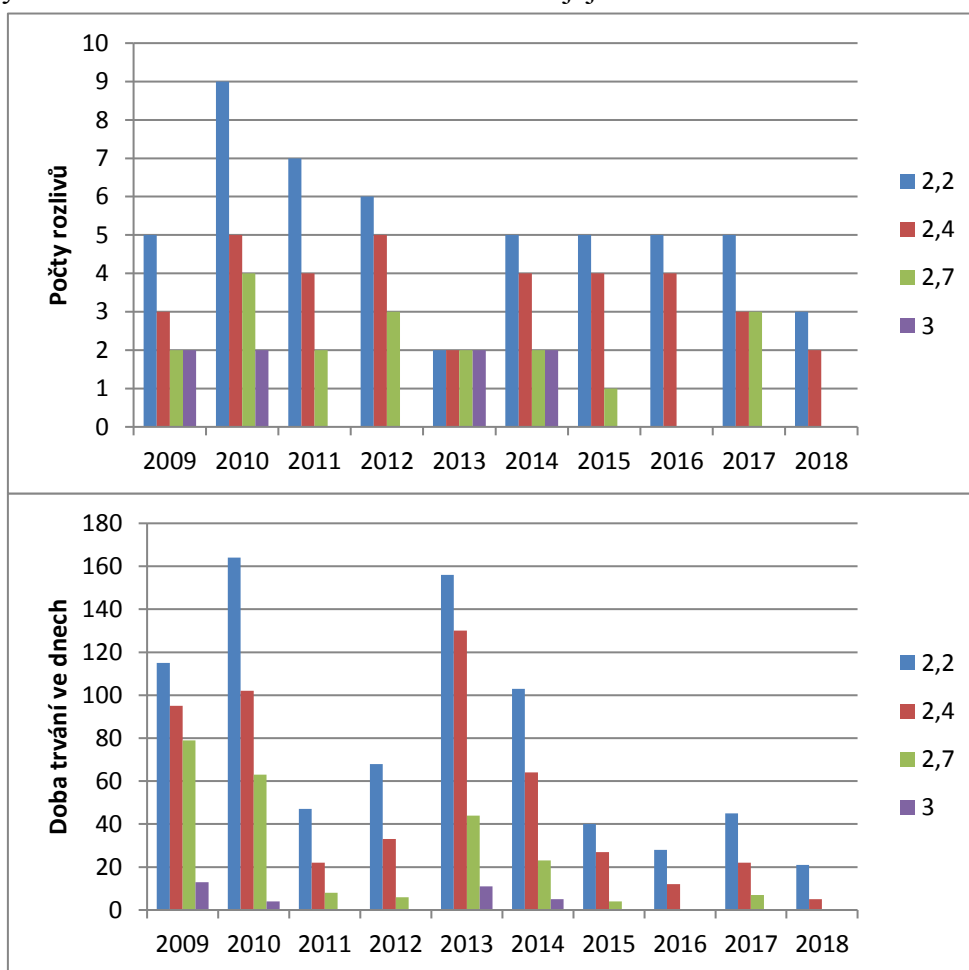
	2014		2015		2016		2017		2018	
výška hladiny (m)	dny	rozlivy	dny	rozlivy	dny	rozlivy	dny	rozlivy	dny	rozlivy
2,2	103	5	40	5	28	5	45	5	21	3
2,4	64	4	27	4	12	4	22	3	5	2
2,7	23	2	4	1	0	0	7	3	0	0
3	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0

Zdroj: vlastní zpracování dat

Velmi výjimečným rokem byl rok 2013, ve kterém se vyskytla již zmíněná červnové povodeň. Hodnoty z tohoto roku se však vztahují pouze na období první poloviny roku, do nástupu červnové povodně, a poté až na období listopadu a prosince, jak již bylo zmíněno dříve. V tabulce je zaznamenáno 156 dnů se zvýšenou hladinou řeky nad úroveň rozlivu do nivy, což odpovídá téměř nepřetržitému zatopení nivy v období 5 měsíců. Z grafu č. 14 (kapitola 7.6) je vidět, že se jedná o dobu před samotnou povodní. Data z roku 2018 jsou zaznamenána pouze do konce dubna.

Grafy č. 21 a 22 znázorňují tendence vývoje výskytu rozlivů a jejich trvání. Z grafu počtu rozlivů je patrná klesající tendence v četnosti výskytu od roku 2010. Trend vývoje celkového trvání v daných letech není takto jednoznačný, pokles lze vidět až po roce 2013. Sledované období však zahrnuje pouze krátký časový úsek, aby bylo jednoznačně možno určit, zda se jedná o dlouhodobý trend nebo pouze o náhodný výskyt.

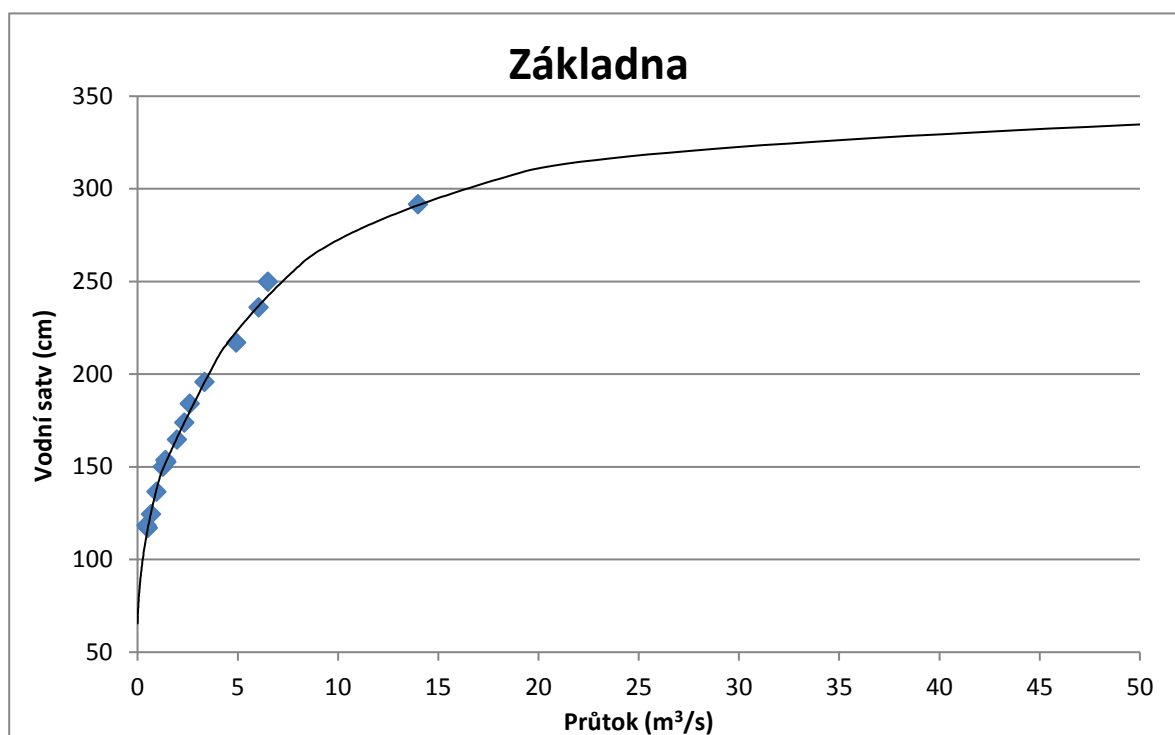
Grafy č. 21 a 22: Počet rozlivů v nivě Lužnice a jejich doba trvání v období 2009-2018



zdroj: vlastní zpracování dat



Graf č. 23: Měrná křivka průtoku pro profil Základna



Zdroj: data z měření hydrologického týmu PřF UK

## 8 Diskuze

Oblast povodí horní Lužnice patří k nejlépe zachovalým úsekům říční nivy na českém území. Nachází se mezi hranicí s Rakouskem a Suchdolem nad Lužnicí, kde tvoří údolní nivu s meandrovým pásem. Až na malou část u Nové Vsi nad Lužnicí je zde tok řeky ponechán bez antropogenního ovlivnění, což toto území činí pozoruhodným s velmi dobře zachovalou přírodou. Díky těmto podmínkám nabízí tedy unikátní možnosti pro pozorování vývoje toku a jeho interakci s okolní krajinou, mimo jiné působením přirozených rozlivů. Niva Lužnice je také významná pro svou soustavu fluvialních jezer.

Výzkumná činnost zde probíhá již od 70. let minulého století, a to převážně v oblasti Základny. Tato oblast se nachází na 141. říčním kilometru a je zajímavá svou soustavou 11 fluvialních jezer. Nejdříve zde probíhal hydrobiologický výzkum. V 90. letech zkoumal Černý (1994) v nivě Lužnice vegetaci fluvialních jezer. Ten pro svou práci vytvořil vlastní kategorizaci těchto jezer. Názvoslovím tůní se v této oblasti zabýval také Husák a Květ (2000) a Pithart a kol. (2003). Mnoho autorů zde pozorovalo přirozené rozlivy, v 90. letech minulého století již zmiňovaný Pithart a kol. (2003), později také Vlasák (2006, 2007), Váňová (2008), Svoboda (2011) či Musil (2015). Funkcí a vývojem fluvialních jezer zde pak zabývali mimo jiné Šimek (2008), Havlíková (2011) a Hastíková (2009, 2012). V posledních letech pak také Fialová (2015) a Korejs (2016), kteří zde zkoumali interakce podpovrchové vody s krajinou. Výzkumem z ostatních vědních oborů se na Lužnici zabývalo mnoho dalších autorů.

Záměrem této práce je zhodnocení vývoje čtyř vybraných tůní v oblasti Základny. Jedná se o tůně Malá, Nová, T1 a Šimkova. Základem výzkumu bylo batymetrické měření, na základě kterého byla jezera porovnána s hodnotami z předchozích prací. Z těch vyplývá, že všechny tůně prodělaly pozorovatelné změny. Mezi lety 2014 a 2017 došlo k jednoznačnému zmenšení objemu všech tůní, tedy pravděpodobně k mírnému zanesení sedimentem. Naopak v předchozím období mezi lety 2010 a 2014 došlo u většiny tůní ke zvětšení, nejspíše z důvodu výskytu výrazné povodňové události v roce 2013. Její největší působení lze vidět na hodnotách tůně Malá, která se po této povodni zvětšila. Může za to pravděpodobně její poloha v kanálu vyhloubeném prouděním. Další zanášení sedimenty je způsobené tím, že se zde od té doby žádné intenzivnější rozlivy neudály. Podobné změny lze pozorovat i z batymetrických křivek, na kterých je vidět, že povodeň 2013 způsobila odnos sedimentů z nejhlubších míst u všech vybraných tůní. K mírnému zmenšení tůně T1

dochází nejspíše z důvodu její polohy. Tato tůň se nachází v místě na konci Základny, ve směru proudění a je ze severní strany hustě obrostlá vegetací, což pravděpodobně způsobuje zpomalení proudění při rozlivu a tím pádem větší zadržování sedimentů. Při pozorovaném rozlivu na jaře 2018 bylo také potvrzeno, že je proudění do této tůně usměrňováno z Malé a Šimkovy tůně. Lze tedy očekávat, že tato tůň se bude dále vyvíjet podobným způsobem a postupně se tedy bude zmenšovat zanášením sedimenty při rozlivech. Naopak Malá tůň se nachází v místě výraznějšího proudění, které se projevuje za větších rozlivů, jak ukazují naměřené hodnoty po povodni 2013, kdy zde došlo k výraznému prohloubení a rozšíření. V období mírnějších rozlivů se zde však sedimenty ukládají, jak lze vidět z hodnot naměřených v roce 2017 i 2018. Na možnost vzniku tůně v tomto místě poukazoval ve své práci již Šimek (2008). Podobný vývoj je možné očekávat také v místě proudění mezi tůňemi Malá, Šimkova a T1, kde je vidět vznikající kanál, ve kterém protéká voda při rozlivu, což zde bylo pozorováno. To dokládá i vznik dvou menších tůní, které se také vyskytují v kanálech vzniklých prouděním, ty ve své práci popsala Hastíková (2009). Jedná se o tůň Protáhlá, která leží za Pithartovou tůň směrem k řece, a Esičko, která se nachází v kanálu mezi Mrtvým ramenem a Pithartovou tůň.

Hodnoty z hladinoměřů velice dobře ukazují, jakým způsobem reagují jezera na výkyvy hladiny řeky. Ve většině případů to znamená, že nárůst hladiny jezer je zpožděný, oproti nárůstu hladiny v řece a podobným způsobem to platí i při poklesu hladiny. Z dat za celé sledované období lze také usoudit, že intenzita a četnost rozlivů za poslední roky klesá. Nejintenzivnější rozliv od roku 2009, kterým byla červnová povodeň v roce 2013, bohužel nebyl zaznamenán, a to z důvodu poničení hladinoměřů. Události podobné intenzity od té doby nenastaly. Menší výskyt a intenzita těchto událostí působí na vývoj jezer postupným zanášením sedimenty, a to i na tůň ležící v kanálu proudění rozlivu.

Rozložení sedimentů bylo sledováno za účelem zjištění rozdílností ve složení dna jednotlivých jezer. Při studiu odebraných sedimentů byly pozorovány rozdíly v jejich zvrstvení, kdy například v Pithartově tůni bylo zaznamenáno více střídajících se vrstev než v ostatních tůních, což lze přisuzovat poloze této tůně v blízkosti toku. Ta se projevuje tím, že zde častěji dochází k vybřežení řeky a jejímu rozvodnění do této tůně, než je tomu u tůní T1 nebo Šimkovy, které se nacházejí výše nad tokem, a s tím spojené přínosy sedimentů. Při podrobnějším zkoumání zrnitostí jednotlivých vrstev bylo však zjištěno, že i když se některé trochu lišily, bylo celkové zastoupení jednotlivých zrnitostí ve všech odebraných tůních velice podobné. Akumulací sedimentů ve fluvialních jezerech v povodí Moravy se

zabýval Sedláček a kol. (2016). Z jeho práce vyplývá, že nejrychleji se zanášejí jezera v blízkosti toků, až 80 mm sedimentu za rok, a nejpomaleji nejvzdálenější jezera, pouze do 5 mm za rok. K podobným závěrům dospěl také Ishii a Hori (2016), kteří ve své práci uvádí rychlost zanášení 4-90 mm za rok. Pro podrobnější výzkum sedimentů z jezer by bylo vhodné použít datovací metody a lépe tak sledovat staří jednotlivých tůní (Latuso a kol. 2017).

Kolísání hladiny podzemní vody velice dobře koresponduje s kolísáním hladin v jezerech, avšak je zde patrný rozdíl při porovnání s kolísáním hladiny v řece. Stejně jako u hladiny jezer, lze velice dobře vidět, že se při poklesech i nárůstech hladina podzemní vody opoždí za změnami hladiny v řece. Lze tedy říci, že se podzemní voda podílí na změnách hladiny v jezerech, což se projevuje zpožděním reakcí jejího kolísání. Velice dobře je to patrné při poklesech hladin, kdy pokles v jezerech odpovídá spíše poklesu hladiny podzemní vody, než poklesu hladiny řeky. Trochu odlišné je to u Pithartovy tůně. Kolísání její hladiny je velice podobné s kolísáním hladiny v řece, i přesto, že i zde je patrné zpoždění, a liší se tak od ostatních jezer. Malé rozdíly mezi kolísáním hladiny jednotlivých jezer odpovídají právě složení sedimentů v jejich dnech.

Na základě zmíněných poznatků lze říci, že vývoj jednotlivých jezer je nejvíce ovlivňován polohou jezera v nivě, jejíž význam se nejvíce projeví během přirozených rozlivů. Rozlivy zde působí rozdílně, podle toho v jaké intenzitě se zde vyskytují. Posledním rozlivem, který měl v těchto místech převážně tvořivou schopnost, byla povodeň v roce 2013. Do budoucna lze tedy odhadovat, že při podobné události dojde opět k prohloubení většiny zasažených tůní. Největší rozdíly lze pak očekávat u tůní, které leží přímo v kanálech proudění rozlivu. Tvořivá schopnost povodní se projevila již při povodni v roce 2002, která dala vzniknout tůni Nová (Šimek 2008). Vliv na zanášení jezer sedimenty popisuje ve své práci Lintern a kol. (2016), podle které je množství sedimentů naplavované do jezer ovlivněno také činností člověka v povodí. Takovýto vliv uvádí ve své práci také Sedláček a kol. (2016). Budoucí vývoj tedy záleží především na intenzitě rozlivů. V oblasti je minimální míra antropogenní činnosti, pokud tedy nebude do budoucna narůstat, lze očekávat, že další vývoj bude odpovídat současnému trendu. Pro lepší pochopení vývoje nivy by bylo vhodné sledovat také vývoj říčního toku, jako ve své práci zpracovali Vajskebr (2004) či Zeman (2006).

## 9 Závěr

V této práci bylo hlavním cílem porovnání vývoje a změn vybraných fluviálních jezer v oblasti Základny, která se nachází v přírodní rezervaci Horní Lužnice, na 141. říčním kilometru.

Úvodní část práce je zaměřena na problematiku fluviálních jezer, je zde popsána fyzicko-geografická charakteristika zájmového území, podrobně je popsána historie přirozených rozlivů a vybrané povodňové události. Ke konci této části je rovněž popsána metodika použitá ke sběru a zpracování dat.

Hlavní část práce se zabývá zpracováním výsledků měření a jejich vyhodnocením. Samostatné měření vybraných jezer proběhlo během několika terénních výjezdů, kdy byla oblast geodeticky zaměřena a bylo provedeno batymetrické zmapování daných jezer. Data z měření byla použita pro porovnání morfometrických charakteristik jezer s předchozími měřeními z dřívějších prací. Výsledky z porovnání vlastností jednotlivých jezer ukázaly, jakým způsobem se jezera vyvíjejí. Na všech jezerech byly pozorovány změny. Došlo převážně ke zmenšení jejich objemů, což lze přisuzovat zanášení sedimenty při rozlivech.

Kromě dat získaných batymetrickým zaměřením, byly také použity hodnoty z automatických hladinoměrů ve dvou jezerech a řece, a dále ze tří hladinoměrů podzemní vody. Na základě těchto dat bylo porovnáno kolísání hladin během období mezi lety 2009-2017 a bylo tak možno určit vzájemné ovlivnění mezi řekou a jezery. Provedeny byly také odběry sedimentů ze dna vybraných jezer. Tyto sedimenty byly podobného charakteru, z čehož vyplývá podobný vývoj jezer.

Během jara 2018 bylo také provedeno zmapování přirozeného rozlivu v nivě. Byl zaměřen směr proudění a jeho intenzita ve vybraných místech. Na základě pozorování, spolu s batymetrickým měřením, tak lze odhadnout budoucí vývoj jednotlivých jezer.

Hlavním faktorem při vývoji fluviálních jezer jsou tak přirozené rozlivy v nivě. Jejich vliv je zde velmi dobře pozorovatelný. Problematikou fluviálních jezer je potřeba se dále zabývat, jejich role je v hydrologickém působení nivy nezanedbatelná. Je zároveň potřeba sledovat vývoj prostředí celé nivy jako přírodního fenoménu. Přirozené rozlivy v jejím prostředí mohou pomoci objasnit její další vývoj. Nejdůležitějším faktorem zůstává postoj člověka k takovému unikátnímu prostředí, zda mu bude ponechán přirozený vývoj nebo bude v budoucnu pozměněno, jak se v některých místech již dříve událo (Hastíková 2012).

## Použitá literatura a zdroje

- ALBRECHT, J. a kol. (2003): Českobudějovicko. In: Mackovič P. a Sedláček M. (eds.): Chráněná území ČR, svazek VIII. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 808 s.
- ATLAS PODNEBÍ ČESKA. ČHMÚ. 2007, Praha, 255 s.
- BÍLEK, M. (1999): Řeka Lužnice. [online]. [cit. 2017-09-14]. Dostupné z: <http://www.pf.jcu.cz/others/okoli/prir/luznice.htm>
- ČERNÝ, R. (1994): Vegetace makrofyt tůní a slepých ramen nivy řeky Lužnice a její bonifikační význam. Kandidátská disertační práce, Pedagogická fakulta Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích, Třeboň, 184 s.
- DOSTÁL, T. a kol (2012): Hydrologické procesy v nivách a jejich význam pro retenci vody. In: ČERNÝ, D a kol. (eds.), Význam retence vody v říčních nivách, Daphne ČR – Institut aplikované ekologie, s. 69-90.
- FRIEDL, K. a kol. (1991): Chráněná území v České republice. Informatorium, Praha, 274 s.
- FIALOVÁ, P. (2015): Interakce podzemní a povrchové vody za extrémních hydrologických situací v nivě horní Lužnice. Diplomové práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 88 s.
- HASTÍKOVÁ, P. (2009): Fluviální jezera v přírodní rezervaci Horní Lužnice. Bakalářská práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 47 s.
- HASTÍKOVÁ, P. (2012): Vývoj vybraných fluviálních jezer v nivě Lužnice. Diplomová práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 111 s.
- HAVLOVÁ, J. (ed.) (1998): Ekologická studie Lužnice. Hydroprojekt, Praha, 423 s.
- HAVLÍKOVÁ, P. (2011): Srovnávací studie fluviálních jezer středního Polabí horní Lužnice a horní Svratky. Dizertační práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 185 s.
- HUTCHINSON, E. G. (1957): A Treatise on Limnology. Volume I., Geography, physics and chemistry. John Wily a sons, inc., New York, 1015 str.
- HUSÁK, Š., KVĚT, J. (2000): Terminologie přirozených a umělých biotopů toků s odhadem počtu stojatých vod v aluviích v ČR. In: Pithart, D. (ed): Ekologie aluviálních tůní a říčních ramen. Sborník příspěvků z konference, Botanický ústav AVČR, Třeboň, s. 16-20.

- CHÁBERA, S. (1998): Fyzický zeměpis jižních Čech. Jihočeská univerzita, České Budějovice, 139 s.
- CHÁBERA, S. (1986): Jižní Čechy. Turistický průvodce ČSSR. Olympia, Praha, 383 s.
- CHÁBERA, S. et al. (1985): Neživá příroda. Jihočeská vlastivěda. Jihočeské nakladatelství České Budějovice, České Budějovice, 270 s.
- ISHII, Y., HORI, K. (2016): Formation and infilling of oxbow lakes in the Ishikari lowland, northern Japan. *Quaternary International*, 397, s. 136-146.
- JANSKÝ, B., a kol. (2003): Jezera České Republiky. Monografie. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 216 s.
- JUST, T. a kol. (2005): Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. Praha, ZO ČSOP – MŽP – AOPK ČR, 359 s.
- KOREJS, T. (2016): Vliv podzemní vody na hydrologické sucho v nivě Lužnice. Diplomové práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 77 s.
- LATUSO, K. D., a kol. (2017): Sediment deposition and sources into a Mississippi River floodplain lake; Catahoula Lake, Louisiana. *Catena*, 156, s. 290-297.
- LINTERN, A., a kol. (2016): Sediment cores as archives of historical changes in floodplain lake hydrology. *Science of the Total Environment*, 544, s. 1008-1019.
- MÁČKA, Z., a kol. (2011): Geomorfologické a vegetační změny opuštěného meandru Moravy v oblasti Osypaných břehů pět let po odškrcení. *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*, 18, č. 2, s. 37-42.
- MUSIL, J. (2015): Extremita odtoku v povodí horní Lužnice. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 115 s.
- NEKOVÁŘ, F. (1967): Některé zvláštnosti jihočeského klimatu I. část. *Pedagogická fakulta České Budějovice*, 55 s. In: HASTÍKOVÁ, P. (2012): Vývoj vybraných fluvialních jezer v nivě Lužnice. Diplomová práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 111 s.
- NETOPILOV, R. a kol. (1984): Fyzická geografie I. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 272 s.
- PAN, B., a kol. (2014): A floodplain-scale lake classification based on characteristics of macroinvertebrate assemblages and corresponding environmental properties. *Limnological Ecology and Management of Inland Waters*, 49, s. 10-17.

- PITHART, D., PECHAR, L. a kol. (2003): Vodní ekosystém v nivě. In: Prach, K., Pithart, D., Francírková, T. (eds). Ekologické funkce a hospodaření v říčních nivách. Botanický ústav AVČR – Úsek ekologie rostlin Třeboň. Třeboň, s. 37-53.
- PITHART, D., SIMON, O. a kol. (2003): Fenomén přirozených rozlivů v nivách řek. In: Prach, K., Pithart, D. a Francírková, T. (eds.), Ekologické funkce a hospodaření v říčních nivách, Botanický ústav AVČR – Úsek ekologie rostlin Třeboň, s. 53-59.
- PRACH, K., JENÍK, J., LARGE, A. (1996): Floodplain ecology and management. SPB Academic Publishing, Amsterdam, 285 s.
- RAMEŠ, V. (2003): Velká voda na Lužnici. Povodně den po dni 2002. DONA, České Budějovice, 126 s.
- SEDLÁČEK, J., a kol. (2016). Sediment accumulation rates and high-resolution stratigraphy of recent fluvial suspension deposits in various fluvial settings, Morava River catchment area, Czech Republic. *Geomorphology*, 254, s. 73-87.
- SVOBODA, P. (2008): Hodnocení upravenosti toku horní Lužnice. Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 87 s.
- SVOBODA, P. (2011): Hydrologický režim horní Lužnice. Diplomová práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 99 s.
- SVOBODA, P., a kol. (2015): Vliv říční nivy na hydrologický režim horní Lužnice. *Geografie*, 120, č. 3, s. 354-371
- ŠIMEK, M. (2008): Hydrologická funkce fluviálních jezer v nivě Horní Lužnice. Diplomová práce. Ústav životního prostředí PřF UK, Praha, 129 s.
- ŠOBR, M. (2007): Jezera České republiky – fyzicko-geografické a fyzikálně-limnologické poměry. Dizertační práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 235 s.
- ŠOBR, M. a kol. (2012): Geneze fluviálních jezer. In: PITHART, D. a kol. (eds.), Význam retence vody v říčních nivách, Daphne ČR – Institut aplikované ekologie, s. 27-36.
- VAJSKEBR, V. (2004): Historická změna délky říční sítě v povodí Otavy. Diplomová práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 91 s.
- VÁŇOVÁ, V. (2008): Modelování vlivu změn v krajině na průběh povodní v povodí Horní Lužnice. Diplomová práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 87 s.



VLASÁK, T. (2006): Přehled a klasifikace povodní na Lužnici In: Vlasák, T. (ed.), Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní, PřF UK, Praha, s. 19-26.

VLASÁK, T. (2007): Povodňové režimy Otavy a Lužnice. In: LANGHAMMER, J. (2007): Změny v krajině a povodňové riziko. Sborník příspěvků seminář Povodně a změny v krajině. PřF UK, Praha, s. 105-113.

WETZEL, R. G. (2001): Limnology. Lake and River Ecosystems. Third Edition, Academic Press, Elsevier Science (USA), San Diego, 1006 s.

ZEMAN, Š. (2006): Historická změna délky říční sítě v horním povodí Opavy. Bakalářská práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 57 s.

### **Internetové zdroje**

ČHMU – Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 2018-06-12] <http://voda.chmi.cz/pov/index.html>

Jan Ševčík – galerie fotografií. Dostupné z: [www.sevcikphoto.com](http://www.sevcikphoto.com)

PVL – Povodí Vltavy. [online]. [cit. 2018-06-10]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/hydrologicke-informace/zpravy-o-povodni>

## **Seznam obrázků**

- Obr. č. 1: Povodí Lužnice
- Obr. č. 2: Povodí Horní Lužnice
- Obr. č. 3: Vybrané vodní objekty v nivě
- Obr. č. 4: Názvosloví objektů řek a niv
- Obr. č. 5: Letecký snímek PR Horní Lužnice
- Obr. č. 6: Oblast Základna
- Obr. č. 7: Schéma proudění v tůni T1 při rozlivu
- Obr. č. 8 a 9: Tůň T1 a Malá
- Obr. č. 10: Šimkova tůň
- Obr. č. 11: Nová tůň
- Obr. č. 12: Část nivy Základny v roce 2017
- Obr. č. 13: Schéma proudění v oblasti Základny
- Obr. č. 14: Vzorky sedimentů z dna jezer
- Obr. č. 15: Schéma proudění při rozlivu 2018
- Obr. č. 16: Měřené profily při rozlivu 2018
- Obr. č. 17-19: Prouděním nanesené sedimenty
- Obr. č. 20: Schematický profil nivy v oblasti Základny

## **Seznam tabulek**

- Tab. č. 1: Počet rozlivů a jejich trvání v nivě Lužnice
- Tab. č. 2 a 3: Počet a trvání rozlivů v nivě Lužnice
- Tab. č. 4: Počet a trvání rozlivů v nivě Lužnice
- Tab. č. 5 a 6: Morfometrické charakteristiky sledovaných jezer
- Tab. č. 7 a 8: Výskyt rozlivů v nivě Lužnice v období 2009-2018

## Seznam grafů

Graf č. 1: Chod průměrných denních a měsíčních průtoků na profilu Pilař za období 1. 1. 1965 až 31. 10. 2010

Grafy č. 2-5: Batymetrické křivky tůň T1, Nová, Šimkova a Malá z let 2010, 2014 a 2017

Graf č. 6: Zrnitost sedimentů v tůni Šimek

Graf č. 7: Zrnitost sedimentů v tůni T1

Graf č. 8: Zrnitost sedimentů v tůni Pithart

Graf č. 9: Průměrná zrnitost sedimentů ve vybraných tůních

Grafy č. 10 a 11: Průměrné denní nadmořské výšky hladin řeky a jezer v letech 2009 a 2010

Grafy č. 12 a 13: Průměrné denní nadmořské výšky hladin řeky a jezer v letech 2011 a 2012

Grafy č. 14 a 15: Průměrné denní nadmořské výšky hladin řeky a jezer v letech 2013 a 2014

Grafy č. 16 a 17: Průměrné denní nadmořské výšky hladin řeky, jezer a podzemní vody v letech 2015 a 2016

Grafy č. 18 a 19: Průměrné denní nadmořské výšky hladin řeky, jezer a podzemní vody v roce 2017 a průměrné měsíční nadmořské výšky hladin řeky a jezer za období 2009-2017

Graf č. 20: Průměrná měsíční nadmořská výška hladin řeky, jezer a podzemní vody v období 2015-2017

Grafy č. 21 a 22: Počet rozlivů v nivě Lužnice a jejich doba trvání v období 2009-2018

Graf č. 23: Měrná křivka průtoků pro profil Základna